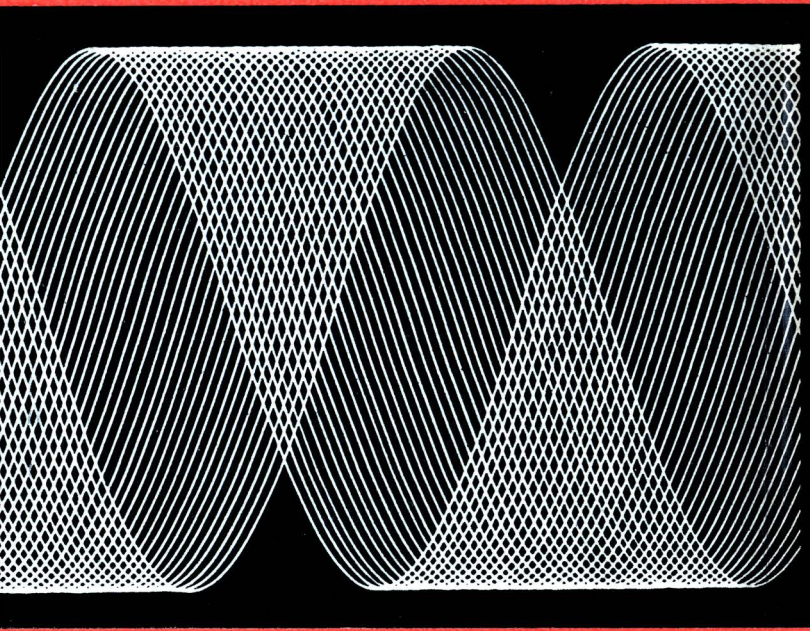
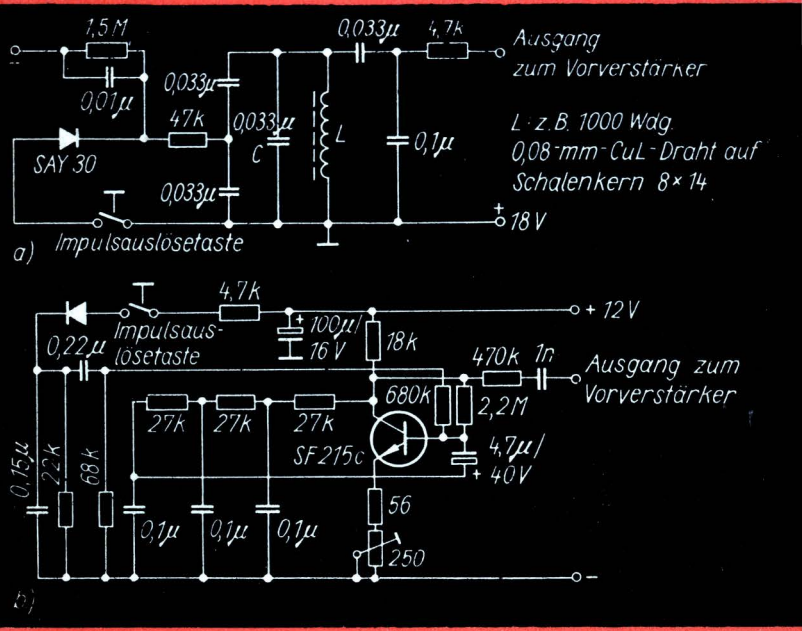
amateurreihe

electronica





Georg Engel
Ralf Petermann

165

Elektromechanische und vollelektronische Musikinstrumente Teil 5

Leer

electronica · Band 165

GEORG ENGEL — RALF PETERMANN

Elektromechanische und vollelektronische Musikinstrumente

Teil 5: Elektronische Rhythmusgeräte

**MILITÄRVERLAG
DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN
REPUBLIK**

Die Abschnitte 23.3. bis 23.5.2. wurden von
Ralf Petermann verfaßt.

1. Auflage, 1978, 1.—20. Tausend
© Militärverlag
der Deutschen Demokratischen Republik (VEB) — Berlin, 1978
Cheflektorat Militärliteratur
Lizenz-Nr. 5
LSV: 3539
Lektor: Dipl.-Phys. Hans-Joachim Mönig
Zeichnungen: Gudrun Maraun
Typografie: Helmut Herrmann · Hersteller: Michael Haase
Vorauskorrektor: Ilse Fähndrich · Korrektor: Gertraut Purfürst
Printed in the German Democratic Republic
Gesamtherstellung: Druckerei Märkische Volksstimme Potsdam
Redaktionsschluß: 20. März 1978
Bestellnummer: 746 009 8
DDR 1,90 M

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	6
22.	Die Instrumente des Schlagzeugers	8
22.1.	Die wichtigsten Rhythmusinstrumente des Drummers	9
22.1.1.	Große (Baß-) Trommel	9
22.1.2.	Kleine Trommel	9
22.1.3.	Becken	10
22.1.4.	Tom-Tom	10
22.2.	Südamerikanische Rhythmusinstrumente	10
22.2.1.	Claves (Hölzer)	11
22.2.2.	Rumbakugeln (Maracas)	11
22.2.3.	Sapo Cubana	11
22.2.4.	Bongos	11
22.2.5.	Conga und Tumba	11
23.	Elektronische Rhythmusgeräte	13
23.1.	Elektronische Nachbildung der Schlaginstrumentenklänge	19
23.2.	Verschiedene Möglichkeiten der Auslösung von Schlageffekten	23
23.2.1.	Manuelle Auslösung durch Impulstasten	24
23.2.2.	Halbautomatische Steuerung	24
23.2.3.	Vollautomatische Steuerung	25
23.2.3.1.	Ermittlung der Impulsfolgen für automatische Rhythmusgeräte	25
23.2.3.2.	Aufstellen der Taktschemen	26
23.2.3.3.	Ableitung der Impulsfolgen aus den Taktschemen	28
23.3.	Gewinnung der Steuerimpulsfolgen	30
23.3.1.	Kleine Einführung in das Dualsystem	30
23.3.2.	Grundimpulsfolge und Takteinteilung	32
23.3.3.	Taktgeber	33
23.3.4.	Ableitung einer Impulsfolge	38
23.3.5.	Schaltungstechnik der Impulsauswahl	40

23.3.5.1. Das logische ODER 41
23.3.5.2. Das logische UND 41
23.4. Auswahlmatrizen zur Bildung von Rhythmen . 43
23.4.1. Beispiel 1: Eine einfache Folge 43
23.4.2. Beispiel 2: Impulsfolge 10 44
23.5. Zusatzeinrichtungen für elektronische Schlagzeuge 47
23.5.1. Schaltungsvariante 1 47
23.5.2. Schaltungsvariante 2 48
24. Gerätebeschreibungen und Selbstbauhinweise . 50
24.1. Einfache Taktgeber (Metronome) 51
24.1.1. Elektroakustisches Metronom 52
24.1.2. Metronom mit optischer Anzeige für Orchester 53
24.2. Kleine Rhythmusgeräte 53
24.2.1. Einfaches Rhythmusgerät mit halbautomatischer Steuerung 54
24.2.2. Rhythmusgerät mit elektronischem Taktgeber 55
24.3. Große elektronische Schlagzeuge 59
24.3.1. Rhythmusgerät mit 16 Rhythmen und 9 Schlaginstrumentenschaltungen 60
24.3.1.1. Taktschemen 62
24.3.1.2. Übersichtsschaltplan 62
24.3.1.3. Schaltungstechnischer Aufbau der Baugruppen und ihre Wirkungsweise 64
24.3.2. Schlagzeug mit Akkordbegleitautomatik 72
Schlußbetrachtungen 85

Teil 1 bis Teil 4 (Band 132 bis Band 135 der Amateurreihe *electronica*) enthalten folgende Hauptabschnitte:

Teil 1: Technisch-musikalische Einführung

1. Allgemeine und technisch-musikalische Einführung
2. Töne und Klangfarben mechanischer Musikinstrumente und die Elektroakustik
3. Elektroakustische Instrumente
4. Vorzüge und Nachteile elektroakustischer Musikinstrumente

5. Normen im Musikinstrumentenbau
6. Technische Grundkenntnisse zum Verständnis des Aufbaus und der Wirkungsweise elektroakustischer Musikinstrumente
7. Schlußbetrachtungen

Teil 2: Der mechanische und der elektrische Gesamtaufbau kleiner und großer Instrumente

8. Praktische Versuche
9. Beispiele des Gesamtaufbaus elektromechanischer und vollelektronischer Musikinstrumente

Teil 3: Der spezifische Aufbau von Baugruppen und Instrumenten

10. Schaltungs- und Aufbauvarianten von Baugruppen und Instrumenten
11. Verdrahtung der Baugruppen

Teil 4: Bauanleitungen

12. Gehäusegestaltung
13. Hinweise zum Selbstbau eines elektronischen Musikinstruments
14. Selbstbaupraxis
15. Beispiele des Entwurfs verschiedener Instrumente
16. Bauvorschlag für ein klangschönes Polyphon
17. Bauanleitungen
18. Möglichkeiten nachträglicher Erweiterungen
19. Erfahrungen aus der Reparaturpraxis
20. Entwicklungstendenzen im elektronischen Musikinstrumentenbau
21. Ergänzungen

Vorwort

Die ersten 4 Teile zum Thema „Elektromechanische und vollelektronische Musikinstrumente" (Amateurreihe „electronica", Band 132 bis 135) erschienen 1975. Sie beschäftigten sich vorwiegend mit Tasteninstrumenten. Im vorliegenden 5. Teil sind Geräte zur elektronischen Erzeugung von Schlaginstrumentenklängen und -rhythmen sowie zur automatischen Akkordbegleitung beschrieben, weil das Musizieren auf polyphonen elektronischen Tasteninstrumenten mehr Freude bereitet, wenn in die Darbietungen neben Klangvarianten noch zusätzlich rhythmische Effekte eingeblendet werden können. Das kommt auch weniger versierten Laienmusikern entgegen. Ihnen fehlt oft die Zeit zum Einüben der Begleitung. Die Beherrschung des Pedal- und Linke-Hand-Spiels war bisher unerläßlich, denn eine Melodie klingt erst zusammen mit den Begleitstimmen vollendet. Ein Rhythmusgerät mit einer eingebauten Baß- und Akkordbegleitautomatik vereinfacht die Spieltechnik wesentlich, da bei diesen Geräten die gesamte Begleitung von Taktgebern gesteuert wird. Elektronische Schlagzeuge aller Ausführungsarten kommen in Orchestern als selbständige Geräte zum Einsatz, häufig werden sie jedoch an elektronische Tasteninstrumente angeschlossen oder in diese fest eingebaut. Alleinunterhalter bevorzugen z. B. derartig ausgestattete elektronische Orgeln. Die Darbietungen auf den Instrumenten gewinnen durch den Schlagzeugrhythmus in Verbindung mit den übrigen Effektklangeinrichtungen erheblich an Brillanz. Das Klangbild wird vollkommen, wenn außer den Schlageffekten auch Zupfbaß- und Begleitgitarrenakkorde automatisch wiedergegeben werden. Durch die Ausnutzung der technischen Perfektion und durch eine geschickte Bedienung der Geräte läßt sich die mit der automatischen Steuerung verbundene Neigung zur Monotonie unterdrücken. Das im In- und Ausland hergestellte Gerätesortiment umfaßt kleine Schlagwerke, die auch als Effektschaltungen in

elektronischen Musikinstrumenten zu finden sind, bis hin zu elektronischen Schlagzeugen mit Baß- und Akkordbegleitautomatik. Bei großen Geräten kann zwischen etwa 15 verschiedenen Grundrhythmen gewählt werden. Durch Mischen der Grundrhythmen (gleichzeitiges Einschalten mehrerer Rhythmustasten) entstehen viele Rhythmusvarianten, die sich sehr gut verwenden lassen. Die etwa 8 bis 10 eingebauten Generatoren für die Nachbildung der Schlaginstrumentenklänge sind teilweise mit Ausgangsspannungsreglern versehen. Das erweitert den Bedienungskomfort.

Die zunehmende Verbreitung der Rhythmusgeräte verlangt von den Elektronikern, sich mit der Wirkungsweise und der Schaltungstechnik der Geräte vertraut zu machen, um die Anforderungen im Service erfüllen zu können. Der vorliegende 5. Teil zum Thema „Elektromechanische und vollelektronische Musikinstrumente" enthält daher u. a. auch eine theoretische Einführung in die Schaltungsprinzipien der Rhythmusgeräte. Amateure, die ein Gerät zu bauen beabsichtigen, erhalten aus den Beschreibungen kompletter Stromlaufpläne Anregungen zum Experimentieren und zum Entwurf eigener Konstruktionen. Die Abschnittsbezifferung des 4. Teils (Band 135 der „electronica"-Reihe) wurde im 5. Teil fortgeführt.

Sonneberg, im September 1977 *Georg Engel*

22. Die Instrumente des Schlagzeugers

Im allgemeinen verlangt jede Musikart, rhythmisch im vorgegebenen Zeitmaß gespielt zu werden. Oft erhält die Begleitung zur Melodiestimme eine besondere Betonung. Ausgeprägt tritt das bei der Tanz- und Unterhaltungsmusik hervor. Je nach Art der Musikstücke kommen unterschiedliche Schlag- und Begleitinstrumente wie Trommeln, Becken, Rasseln, Zupfbässe, Gitarren u. a. zum Einsatz. Jedes dieser Instrumente hat seinen arteigenen Klang. Der Schlagzeuger eines Orchesters muß sein Instrument, das Schlagzeug, künstlerisch wie spieltechnisch beherrschen. Im folgenden sollen daher zur allgemeinen Einführung und zum besseren Verständnis der Forderungen, die an elektronische Rhythmusgeräte gestellt

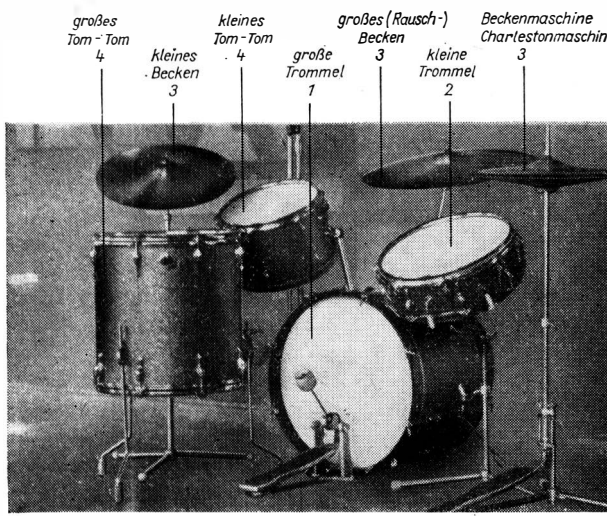


Bild 22.1 Mechanisches Schlagzeug

werden müssen, die wesentlichsten Eigenschaften mechanischer Schlaginstrumente erläutert werden.

22.1. Die wichtigsten Rhythmusinstrumente des Drummers

Zu einem einfachen Schlagzeug gehören mindestens:
eine große Trommel, eine kleine Trommel, ein Becken, ein Tom-Tom und eine Charlestonmaschine. Hinzu kommen Zubehörteile wie Fußmaschine für die große Trommel, Ständer und Halter für Tom-Tom und Becken sowie Trommelstöcke, filzbelegte Schlägel und Besen. Ein einfaches Schlagzeug kann zusätzlich noch mit weiteren Rhythmusinstrumenten ausgestattet werden: einem zweiten Becken anderer Klangfarbe, einem zweiten Tom-Tom oder mit Instrumenten für lateinamerikanische Rhythmen. Bekannt sind Claves (Hölzer), sowie Maracas (Rumbakugeln und -rasseln).

22.1.1. Große (Baß-) Trommel

Baßtrommeln (Bild 22.1, Position 1) sollen einen kurzen, tiefen und trockenen Ton haben. Um zu starkes Nachklingen zu vermeiden, werden die Felle gedämpft. Das geschieht z. B. durch Bespannen des äußeren Felles mit dünnem Stoff. Manchmal sind verstellbare Innendämpfer angebracht. Moderne große Trommeln haben einen Durchmesser von 0,5 bis 0,6 m und sind etwa 0,4 m tief. Sie werden mit großen, weichen Filzschlägeln angeschlagen.

22.1.2. Kleine Trommel

Der Klang kleiner Trommeln (Bild 22.1, Position 2) ist unterschiedlich, denn man bedient sich verschiedener Werkstoffe für den Trommelkörper und für die Felle. Allgemein soll eine kleine Trommel hell klingen. Rasselnder Trommelton wird durch über das Fell gespannte Wendelfedern (Saitenbespannung) erzielt. Dämpfungen z. B. mit Filz dürfen die Trommel

nicht „völlig tonlos" machen, sie soll etwas nachklingen. Im übrigen gehen die Meinungen über die Bedämpfungsarten und die anzustrebenden Klangeigenschaften auseinander.

22.1.3. Becken

Es werden große sogenannte Rauschbecken von kleineren, z. B. für die Charlestonmaschine, unterschieden (Bild 22.1, Position 3). Preise, Qualität und Herkunft der angebotenen Becken sind sehr unterschiedlich. Ihr Klang ist dementsprechend differenziert. Ein gutes Becken kostet etwa 800,— Mark. Die Becken der hohen Becken — oder Charlestonmaschine — schlagen durch Betätigen eines Fußpedals aufeinander. Die Becken können auch mit Trommelstöcken und Besen zum Klingen gebracht werden. Damit ergeben sich mehrere klangliche und rhythmische Variationsmöglichkeiten.

22.1.4. Tom-Tom

Üblich ist die Verwendung zweier Trommeln mit voneinander verschiedenen Tonhöhen. Tom-Toms (Bild 22.1, Position 4) klingen eingenartig hohl und dumpf und weisen etwas Nachklang auf. Einfache Tom-Toms sind nur mit einem Fell bespannt und nach unten hin offen. Die Dämpfer der Trommeln lassen sich meist verstellen. Die Felle sind stark und stabil. Während früher häufig Felle tierischer Herkunft verwendet wurden, findet man heute fast ausnahmslos Kunstfelle, die weniger witterungsempfindlich sind. Erwähnt werden muß noch, daß die Art der Schläger und die Anschlagsweise den Klang der Instrumente stark beeinflussen. Es würde an dieser Stelle aber zu weit führen, die Spieltechnik eines Schlagzeugs erläutern zu wollen. Interessant ist es, einem Drummer zuzuschauen oder sich von ihm die Instrumente erklären und vorführen zu lassen.

22.2. Südamerikanische Rhythmusinstrumente

Die Rhythmen und Takt-Variationen, die von Einwohnern Lateinamerikas bei ihren Tänzen geschlagen werden, sind viel-

seitig und teilweise recht kompliziert. Man bedient sich bei den Tänzen wie Rumba, Beguine, Bolero, Samba, Mambo, Cha-Cha, Calypso wirkungsvoll sehr einfacher Rhythmusinstrumente (Hölzer, Maracas u. a.).

22.2.1. Claves (Hölzer)

Bei Claves handelt es sich um Hartholzstäbe. Sie werden aneinandergeschlagen. Ihr Klang ist kurz und durchdringend. Er hängt sehr von der Handhabung der Stäbe ab.

22.2.2. Rumbakugeln (Maracas)

Die Ureinwohner Südamerikas stellten die Kugeln aus Kokosnüssen bzw. anderen getrockneten Früchteschalen her. Sie wurden mit Samenkörnern gefüllt und beim Tanz rhythmisch geschüttelt. Für unsere Rumbakugeln werden Kunststoffe oder Holz, seltener Blech verwendet.

22.2.3. Sapo Cubana

Das Instrument ähnelt in seiner Form einer Gurke und wird in verschiedenen Längen aus Holz bzw. Bambusrohr hergestellt. Die Oberfläche ist mit Querrillen versehen. über die schnell hölzerne „Schaber" bewegt werden. Es entstehen grelle, akzentuierte, fast schreiende Laute.

22.2.4. Bongos

Bongos sind den Tom-Tom-Trommeln ähnlich. Sie bestehen aus 2 unterschiedlich großen, querverstrebten, miteinander fest verbundenen Trommeln mit nur jeweils einem Fell. Ihr Klang wird hauptsächlich durch die Anschlagart (mit den Fingern flach gegen das Fell) bestimmt.

22.2.5. Conga und Tumba

Diese beiden Trommeln sind von einem etwa 80 cm langen Grundkörper gekennzeichnet, der sich nach unten hin ver-

jüngt. Durch verschiedene Anschlagarten (Fellmitte oder -rand usw.) entstehen wiederum unterschiedliche Klangwirkungen. Conga und Tumba arbeiten rhythmisch aufeinander abgestimmt, wobei auf der Tumba einfache, markante Schläge ausgeführt werden.

Die aus Afrika stammende Tumba wird in unterschiedlichen Längen und Durchmessern gebaut. Ihr Körper ist bauchig ausgebildet, und ihr Fell ist dick und straff gespannt, so daß bei bestimmten Anschlagarten die Eigenresonanz des Felles deutlich in Erscheinung tritt. Es ist üblich, jeweils 2 bis 3 unterschiedlich ausgeführte Tumbas einzusetzen.

Die Conga, die zuerst von den Völkern Lateinamerikas angefertigt wurde, ist nicht bauchig ausgebildet. Im Vergleich zur Tumba ist ihr Fell dünner und weniger straff gespannt. Der Grundton der Conga liegt im Tonbereich der Tumba, jedoch klingt die Conga wesentlich länger nach. Sie wird kaum noch benutzt.

23. Elektronische Rhythmusgeräte

Im einfachsten Fall kann ein *Metronom*, wie es Musiker zum Üben benutzen, als Rhythmusgerät verwendet werden. Zu Beginn der Entwicklung elektronischer Rhythmusgeräte wurden einfache Metronomschaltungen für ihren besonderen Verwendungszweck dimensioniert, beispielsweise so, daß der Klangeindruck von Claves (Hölzern) entstand. Näheres dazu wird in Abschnitt 23.1. ausgeführt. Diese einfachen Geräte geben nach dem Einschalten eine gleichmäßige, in der Schnelligkeit regelbare Impulsfolge ab. Sie können auch derart geschaltet werden, daß sie jeweils einen Impuls abgeben, wenn z. B. eine Musikinstrumententaste im Begleittonbereich bzw. eine vorgesehene Impulstaste am Gerät betätigt wird. Beide Funktionsbeispiele haben für die Arbeitsweise größerer Rhythmusgeräte grundsätzliche Bedeutung. Auch die größten elektronischen Schlagzeuge und Begleitautomaten arbeiten nach diesem Prinzip. Bei ihnen können die Schlageffekte wahlweise durch Impulstasten oder bei Anschluß der Geräte, z. B. an Tasteninstrumente, durch eingebaute Kontakte bzw. durch den gespielten Begleitton ausgelöst werden. Gebräuchlich sind außerdem vollelektronische Taktgeber. Sie arbeiten auf digitaler Grundlage und ermöglichen die vollautomatische Wiedergabe der verschiedensten Rhythmen. Zur Bildung der dazu erforderlichen Impulsfolgen zur Steuerung der jeweils am Rhythmus beteiligten Schlaginstrumente bzw. zur Auslösung von Begleitakkorden bei Schlagzeugen mit Akkordbegleitautomatik sind z. T. umfangreiche elektronische Schaltungen notwendig, die denen der elektronischen Rechentechnik ähnlich sind. Die Schaltungstechnik der elektronischen Rhythmusgeräte (die Schaltungen zur Nachbildung der Schlaginstrumentenklänge u. a. einbezogen) ist für Techniker der Unterhaltungselektronik neuartig und daher interessant. In den folgenden Abschnitten werden Funktionsprinzipien, Grundschaltungen und komplette Stromlaufpläne verschie-

dener Rhythmusgeräte beschrieben. Zum besseren Verständnis der funktionellen Zusammenhänge sollen aber zunächst erst noch einige Übersichtsschaltpläne besprochen werden, denn sie schaffen außer einem allgemeinen Überblick vor allem auch Klarheit über die Aufgaben der einzelnen Schaltungskomplexe der Geräte.

Elektronische Metronome

Bild 23.1 zeigt den Übersichtsschaltplan eines elektronischen Metronoms (ausgeführte Schaltungen s. Bild 24.1 und Bild 24.2). Ein Impulsgenerator, z. B. ein *Meißner*-Generator mit fester Rückkopplung, erzeugt die Impulse der Taktfrequenz, die zwischen etwa 0,6 bis 3,5 Hz geregelt werden kann. Für den gewünschten Klang (Nachbildung des Klanges eines mechanischen Metronoms) lassen sich zusätzlich einfache Filter am Ausgang der Generatorstufe oder im NF-Vorverstärker einfügen. Als Lautsprecher eignen sich kleine Ausführungen (Hochtonsysteme). Soll das Metronom in Verbindung mit einem elektromechanischen oder elektronischen Musikinstrument betrieben werden, können je nach vorhandenem Vor- und Endverstärker die NF-Vor- und -Endverstärkerstufen der Metronomschaltung entfallen. Oft reicht es, nur den Generator und die Filter zusätzlich in ein Instrument einzubauen. Eine Abart des vorstehend beschriebenen Metronoms ist das sogenannte *Lichtpendel*, das ebenfalls als Hilfsmittel zur Takthaltung verwendet werden kann. An Stelle der akustischen Signale leuchtet bei jedem Taktschlag eine Lampe auf (s. Bild 24.2).

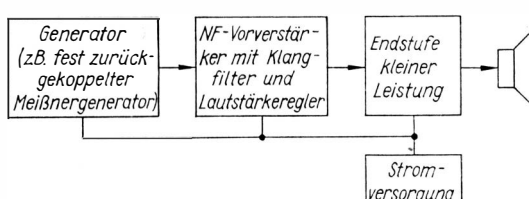


Bild 23.1 Übersichtsschaltplan eines elektronischen Metronoms

Schlagbesen

Will man den besonderen Klang eines mit dem Besen angeschlagenen Beckens elektronisch nachbilden, genügt es nicht, nur „Knackgeräusche" mit spezifischem Klangcharakter zu erzeugen. Das „Rauschen" eines Beckens nachzubilden erfordert eine Rauschspannung. Der Rauschgenerator ist in Bild 23.2 eingezeichnet.

Mit einem nach Bild 23.7 in Sperrichtung betriebenen Transistor läßt sich ein helles, sogenanntes Weißes Rauschen mit geringem Aufwand erzeugen.

Das vom Rauschgenerator der Beckenschaltung erzeugte Rauschen gelangt jeweils beim Eintreffen eines Steuerimpulses perkussionsartig zum Ausgang der Schaltung. Die Steuerimpulse können einem frequenzvariablen, astabilen Multivibrator bzw. einem Taktgenerator entnommen werden (automatische Steuerung). Manuell geschieht die Steuerung durch Impulstasten oder über Kontakte, die von den Tasten oder Spielknöpfen eines Musikinstruments beim Spielen mitbetätigt werden. Wird mit Hilfe einer Tonfrequenzspannung gesteuert, aus der die Steuerimpulse in eigens dafür vorgesehenen Schaltungen gewonnen werden, benötigt man keine Kontakte. Diese Methode ist empfehlenswert, wenn der Ein-

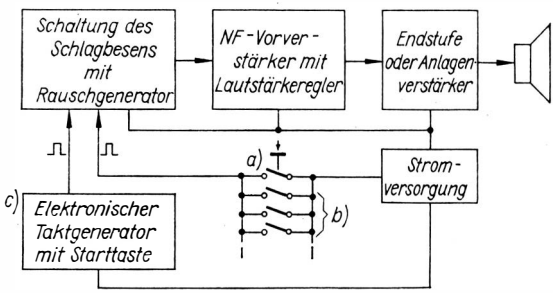


Bild 23.2 Übersichtsschaltplan eines Schlagbesens; a – Impulstaste (Handauslösung), b – Tastenkontakte (halbautomatische Steuerung durch ein Tastenmusikinstrument), c – elektronische Steuerung mit einem Taktgenerator

bau der zusätzlichen Kontakte Schwierigkeiten bereitet. Der Klang einer kleinen Trommel oder anderer Schlaginstrumente wird mit Schaltungen nachgebildet, die der Beckenschaltung ähnlich sind (s. Bild 23.8 und Bild 23.9).

Kleines Schlagzeug mit Besen und Baßtrommel

Die Schaltungen für Besen und Baßtrommel sind entsprechend Bild 23.3 wieder impulsgesteuerte Generatoren. Sie schwingen mit jedem eintreffenden Steuerimpuls kurz an und gedämpft aus. Der elektronische Taktgenerator enthält einen Taktoszillator (astabiler Multivibrator) und Teilerstufen (bistabile Multivibratoren). Die angeschlossene Dioden-Widerstands-Matrix dient der Impulsfolgebildung zur Steuerung der Schlaginstrumente. Der Taktgenerator läßt sich vom 4/4-Takt auf 3/4-Takt umschalten. Die Impulsfolgen gelangen zu Rhythmenwahlschaltern. Sie schalten die zur Erzeugung der unterschiedlichen Taktarten, wie Walzer, Swing, Marsch, benötigten Impulsfolgen zu den Schlaginstrumentenschaltungen durch. Beim Betätigen z. B. der Taste „Swing" wer-

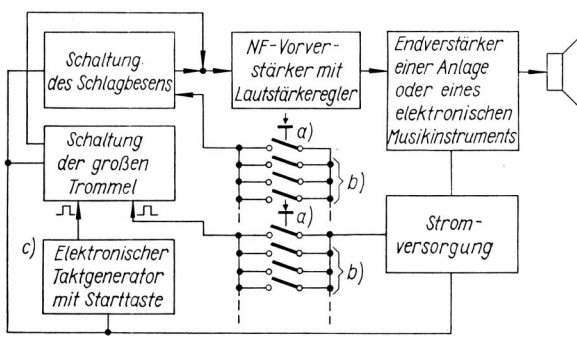


Bild 23.3 Übersichtsschaltplan eines einfachen elektronischen Rhythmusgeräts; a – Handauslösetasten, b – Tastenkontakte für Schlagbesen im Manual, für große Trommel im Pedal (halbautomatische Steuerung), c – vollautomatische Rhythmuserzeugung durch Taktgenerator mit angeschlossener Matrix zur Impulsfolgebildung und Rhythmenwahltastenschalter

den die an diesem Rhythmus beteiligten Impulsfolgen an die Eingänge der zugeordneten Schlaginstrumentenschaltungen gelegt.

Die große Trommel und der Besen lassen sich auch manuell auslösen. Das erfolgt gewissermaßen halbautomatisch durch das Schließen von Kontakten, die mit den Klaviaturtasten eines Instruments betätigt werden (als halbautomatische Steuerung kann auch die Impulsgewinnung aus Tonfrequenzspannungen gelten). Im Gegensatz dazu stellt die Bedienung einer „Auslöseimpulstaste" von Hand eine rein manuelle Steuerung des Schlaginstrumenteneinsatzes dar.

Größere elektronische Schlagzeuge sind im Prinzip nicht anders aufgebaut und weisen gleiche Schaltungs- und Funktionsprinzipien auf. An Stelle der 2 Schlaginstrumente sind dann 8 bis 10 unterschiedliche Schlaginstrumente vorhanden, und die Anzahl der zur Auswahl stehenden Rhythmusarten erhöht sich z. B. von 3 bis 4 auf 10 bis 16. Dementsprechend umfangreicher sind dann die Matrixschaltungen ausgeführt. Die Anzahl der Rhythmenwahlschalter erhöht sich, und die Verdrahtung der Schalter fällt verzweigter aus.

Wird an ein größeres elektronisches Schlagzeug noch zusätzlich ein Akkordbegleitautomat angeschlossen, wächst der schaltungstechnische Aufwand, denn es müssen die Tonfrequenzen für die Akkordklangbildung bereitgestellt und zusätzlich Schaltungen eingebaut werden, die die Akkordwiedergabe bei Eintreffen von Steuerimpulsen ermöglichen. Für die Bildung der Impulsfolgen zur Steuerung der Begleitakkorde fällt in der Matrixschaltung zusätzlicher Bauelementeaufwand an. Bild 23.4 zeigt den Übersichtsschaltplan eines großen Schlagzeugs mit Akkordbegleitautomatik.

Da die Begleitakkorde in allen Tonarten zur Verfügung stehen müssen, wird im Schaltungskomplex der Begleitautomatik noch ein Schaltersystem zur Auswahl der Tonarten benötigt. Der mechanische und schaltungstechnische Aufbau eines großen Schlagzeugs mit Akkordbegleitautomatik erreicht damit einen Umfang, der z. B. mit der Gesamtkonstruktion der elektronischen Kleinstorgel *TO 10* (s. Teil 3, Abschnitt 10.2., S. 50) vergleichbar ist.

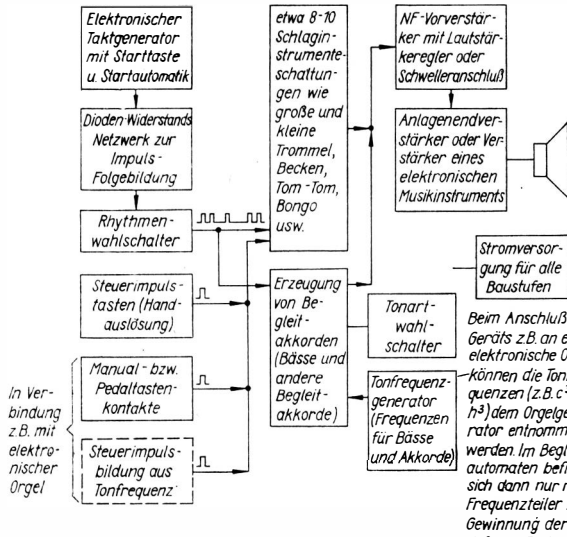


Bild 23.4 Übersichtsschaltplan eines großen elektronischen Schlagzeugs mit Baß- und Akkordbegleitautomatik

Bei Anschluß des Geräts an eine vorhandene elektronische Orgel ist es vorteilhaft, die 12 höchsten (für die Begleitautomatik benötigten) Tonfrequenzen dem Orgelgenerator zu entnehmen und im Begleitautomat nur die Teilerstufen zur Gewinnung der tieferen Tonfrequenzen neu aufzubauen. Abgesehen davon, daß dadurch 12 Muttergeneratoren im Begleitautomat entfallen, wird auch gewährleistet, daß die Stimmung der elektronischen Orgel stets mit der des Begleitautomaten übereinstimmt. Soll hingegen das Schlagzeug mit Begleitautomat unabhängig von anderen Instrumenten als vollkommen selbständiges Gerät betrieben werden, ist der Einbau der Muttergeneratoren unumgänglich. Qualitativ sind an diese Generatoren die gleichen Forderungen zu stellen, wie sie die Muttergeneratoren einer elektronischen Orgel erfüllen müssen (gute Stimmbarkeit, Frequenzstabilität, aus-

reichende Ausgangsspannung usw. (s. dazu Teil 1, Abschnitt 17.1., S. 61; Teil 4, S. 121).

23.1. Elektronische Nachbildung der Schlaginstrumentenklänge

Charakteristisch für alle Schlaginstrumente sind die stets nach jedem Anstoß auftretenden gedämpften Schwingungen. Zur Erläuterung soll die Baßtrommel herangezogen werden. Entsprechend ihrer Größe, Fellspannung und Bespannung sowie der Dämpfungseinrichtungen gibt die Baßtrommel einen tiefen, dumpfen und kurz verklingenden Ton ab, wenn sie mit einem Filzschlägel angeschlagen wird. Ihr Schwingungsverlauf entspricht etwa dem in Bild 23.5 dargestellten Kurvenzug.

Einen ganz ähnlichen gedämpften Schwingungsverlauf zeigt ein impulsartig zum Schwingen angeregter elektrischer Schwingkreis, wenn er entsprechend der Baßtrommel für eine tiefe Frequenz dimensioniert ist. Daraus ist zu erkennen, daß sich ein einfacher LC-Schwingkreis nach Bild 23.6 zur Nachbildung von Schlaginstrumentenklängen eignet. Die Ladezeit des Impulskopplungskondensators beeinflußt den Einschwingvorgang und bestimmt damit die Härte des Trommelanschlags. Der Nachklang verlängert sich mit der Größe von L (etwa 15 H).

Außer Schwingkreisschaltungen werden in der Praxis auch Generatorschaltungen, insbesondere RC-Phasenschieberoszillatoren, zur Erzeugung gedämpfter Schwingungen verwendet. Die Generatoren schwingen erst durch die Steuerimpulse an. Je nach der zugeführten Energiemenge und der Schaltungs-

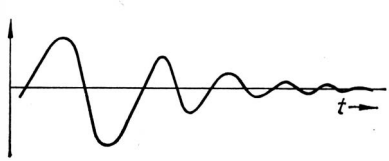


Bild 23.5
Spannungsverlauf einer gedämpften Schwingung

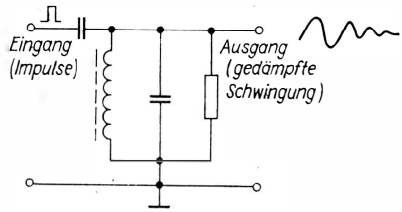


Bild 23.6 Schwingkreisschaltung zur Erzeugung gedämpfter Schwingungen durch Impulszuführung (für die Nachbildung des Klanges z. B. einer Baßtrommel geeignet)

dimensionierung schwingen die Generatoren kürzer oder länger aus. Ebenfalls in Abhängigkeit von der Dimensionierung der Schaltung entstehen auf dem gleichen Weg die Klänge anderer Rhythmusinstrumente.

Daß zur Klangbildung des Beckens oder der kleinen Trommel auch Rauschspannungen benötigt werden, ist bereits dargelegt worden. Diese lassen sich am einfachsten mit einem Transistor erzeugen, dessen Basis-Emitter-Strecke nach Bild 23.7 „falsch gepolt" ist. Die vom Transistor abgegebene Rauschspannung kann durch einen nachgeschalteten 1- bis 2stufigen Verstärker auf den benötigten Spannungswert gebracht werden. Zwei typische Schaltungsbeispiele zur Nachbildung des Tom-Tom-Klanges sind in Bild 23.8 dargestellt.

Die Schaltung nach Bild 23.8a arbeitet mit Schwingkreis ohne aktive Bauelemente. Die Ausgangsspannung muß dementsprechend nachverstärkt werden. Die Schaltung nach Bild 23.8b stellt im Prinzip einen RC-Phasenverschiebergenerator dar, der jedoch erst beim Eintreffen eines Steuerimpulses

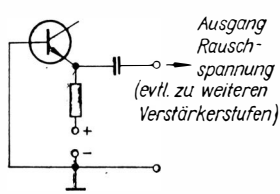


Bild 23.7
Prinzip eines Transistor-Rauschgenerators (man beachte die Polung des Transistors!)

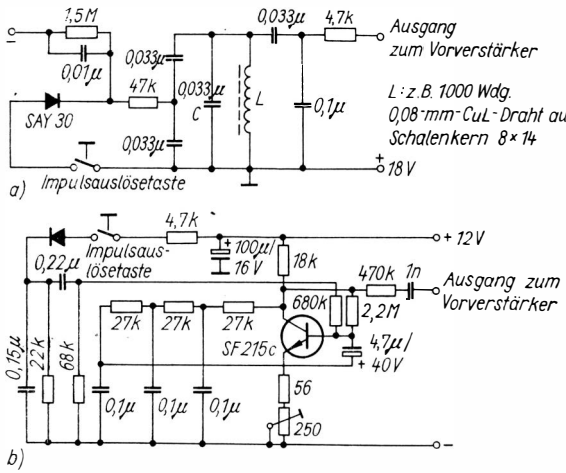


Bild 23.8 Schaltungsbeispiel für ein Tom-Tom ohne aktive Bauelemente (a) und aktive Tom-Tom-Schaltung (b)

anschwingt. Deshalb kann auch von einer Verstärkerstufe mit Rückkopplung und angeschlossenem Phasenschiebernetzwerk gesprochen werden. Die Verstärkung der Stufe wird mit dem Trimmpotentiometer in der Weise eingestellt, daß die Schaltung kurz vor dem Schwingeinsatz steht. Gelangt an das Phasenschiebernetzwerk ein Steuerimpuls, dann führt die Schaltung eine gedämpfte Schwingung aus (pulsgesteuerter Generator).

Bild 23.9 zeigt eine Schaltung zur Klangnachbildung einer kleinen Trommel. Gelangt über D1 zum Eingang der Stufe T1 ein negativer Steuerimpuls, dann wird T1 gesperrt. In der Folge öffnet sich T2 kurzzeitig. Damit lädt sich C2 auf, wobei Diode D4 die Ladespannung begrenzt. Die Entladung der Kapazität C2 geschieht über die Widerstände R6, R8 und R9. Während des Entladevorgangs von C2 öffnet sich für eine bestimmte Zeit T3. Die Stufe T3 verstärkt das von D5 eingespeiste Rauschen. Der Transistor T4 wirkt zusammen mit den

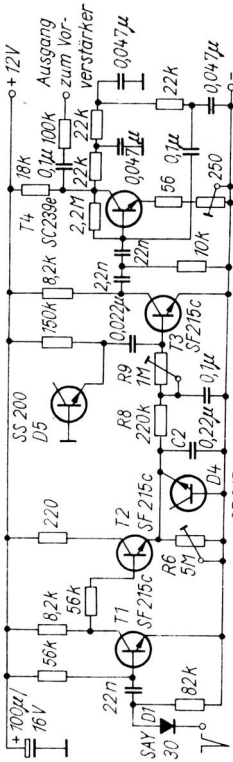


Bild 23.9 Schaltungsbeispiel für eine kleine Trommel

RC-Gliedern als aktives Filter. Es wird das Frequenzspektrum des wirkenden Steuerimpulses und der Rauschspannung beeinflußt.

Mit dem Einstellregler R6 wird die Tondauer (Nachklang) gehörmäßig eingestellt. R9 beeinflußt ebenfalls die Tondauer, der Regler dient jedoch vor allem zur Einstellung der optimalen Aussteuerung des Transistors T3.

Die Stufe T4 stellt einen RC-Kurztongenerator dar. Der in seinem Emitterkreis liegende Regler ist in der Weise einzustellen, daß Selbsterregung mit Sicherheit nicht eintritt.

Dieser Regler geht stark auf das Nachklingverhalten ein, so daß die genannten 3 Regler möglichst wiederholt und wechselseitig zur Erzielung eines guten Klangeindrucks getrimmt werden sollten.
Die Klänge anderer Schlaginstrumente werden prinzipiell mit den gleichen Schaltungsanordnungen, wie sie in Bild 23.8 und Bild 23.9 dargestellt sind, realisiert. Es ändern sich — je nach der Instrumentenart — jeweils nur die frequenzbestimmenden Glieder und die Zeitkonstanten für die Ein- und Ausschwingvorgänge. Dimensionierte Schaltungen enthalten die Stromlaufpläne, die in den Abschnitten 24.1. bis 24.5. erscheinen. Dort werden die unterschiedlichen Ausgangsspannungen der verschiedenen Schaltungsvarianten der Klanggeneratoren beim Gesamtgeräteaufbau berücksichtigt und durch den Einbau von Vorverstärkerstufen auf ein etwa einheitliches Niveau gebracht. Teilweise läßt sich die Ausgangsspannung der einzelnen Klanggeneratoren stetig regeln, um individuellen Wünschen hinsichtlich der Lautstärkeverhältnisse zu entsprechen.

23.2. Verschiedene Möglichkeiten der Auslösung von Schlageffekten

Allgemein hat sich die Steuerung des Schlaginstrumenteneinsatzes mit Hilfe von Gleichspannungsimpulsen durchgesetzt. In Abschnitt 23.1. ist erläutert worden, wie es durch das Anlegen eines Gleichspannungsimpulses an eine Schlaginstrumentenschaltung zu einem Schlageffekt kommt und wie er abklingt.
Die Schaltungen sprechen entweder auf positive oder auf negative Spannungssprünge an. Der Schlageffekt wird durch die vordere Flanke eines Impulses eingeleitet. Solange die Gleichspannung am Eingang einer Schlaginstrumentenschaltung gleich groß positiv oder negativ bleibt, gibt die Schaltung keine Tonfrequenz ab. Die Länge eines Steuerimpulses ist somit bedeutungslos. Hingegen wirkt sich die Größe eines Spannungssprungs auf die Lautstärke und den Abklingvor-

gang eines Schlageffekts aus. Mit den genannten Eigenschaften der Schlaginstrumentenschaltungen ist es möglich, Schlageffekte, wie nachfolgend beschrieben, auszulösen.

23.2.1. Manuelle Auslösung durch Impulstasten

Bei der manuellen Auslösung werden den Schaltungen der Schlaginstrumente (Klanggeneratoren) Gleichspannungsimpulse über Druckkontakte zugeleitet. Die Gleichspannung wird dem Stromversorgungsteil entnommen. Die Bedienung der Druckkontakte geschieht von Hand oder mit dem Fuß. Bild 23.10 zeigt das Schaltungsprinzip.

23.2.2. Halbautomatische Steuerung

Der Begriff ist in Abschnitt 23.3. erläutert worden. Nach Bild 23.11 sind jeder Taste des Pedals und jeder Taste im

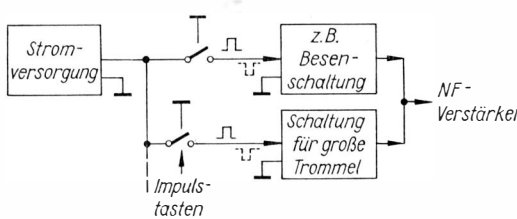


Bild 23.10 Gerät zur Wiedergabe von Besen- und Baßtrommeleffekten (Auslösung durch Impulstasten)

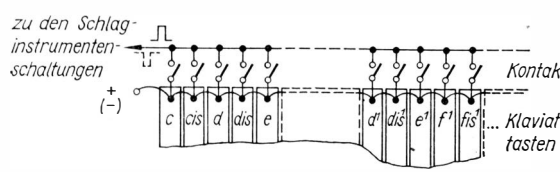


Bild 23.11 Anschlußschema für die Kontakte an den Klaviaturtasten eines Musikinstruments (halbautomatische Steuerung der Schlaginstrumenteneinsätze)

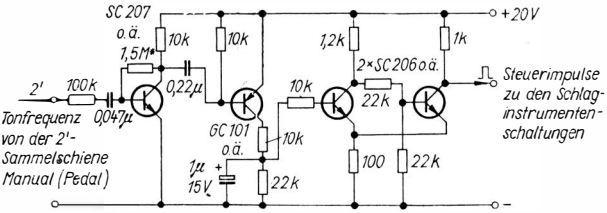


Bild 23.12 Schaltung zur Gewinnung von Impulsen zur Auslösung von Schlageffekten aus Tonfrequenzspannungen

Baßteil des Manuals je ein Steuerkontakt zugeordnet. Die Kontakte liegen parallelgeschaltet an einer Gleichspannung.

Steuerung durch Ausnutzung von Tonfrequenzspannungen

Beim Betätigen der Tasten eines elektronischen Musikinstruments treten an bestimmten Punkten (z. B. an den Sammelschienen der Chöre) Tonfrequenzspannungen auf. Diese werden abgegriffen, verstärkt und nach Gleichrichtung einem Trigger oder einer einfachen Transistorstufe zugeführt. Von dort werden die Spannungssprünge zur Steuerung der Schlaginstrumente nach Bild 23.12 abgenommen.

23.2.3. Vollautomatische Steuerung

Die vollautomatische Steuerung der Schlaginstrumenteneinsätze geschieht mit Hilfe elektronischer Taktgeber in Verbindung mit Matrixschaltungen zur Impulsfolgebildung. Die Impulsfolgen gelangen an Rhythmenwahlschalter und werden von dort zu den Eingängen der Schlaginstrumentenschaltungen geschaltet. Bei größeren Rhythmusgeräten sind oft alle genannten Steuerungsarten vorgesehen (Impulstasten, Tonfrequenzsteuerung, Anschlüsse für Klaviaturtastensteuerung und eingebaute vollautomatische Taktgeber).

23.2.3.1. Ermittlung der Impulsfolgen für automatische Rhythmusgeräte

Die Impulsfolgen müssen das Abbild der zeitlichen Folge der Instrumentenanschläge sein, die ein Schlagzeuger während

des Vortrags eines Musikstücks tätigt. Je nach Taktart sind die Anschlagfolgen unterschiedlich. In der Praxis findet man außerdem noch innerhalb einer Taktart Unterschiede in der Taktgestaltung, die teilweise vom Komponisten gewollt oder vom Schlagzeuger besonders bei der Interpretation leichter Musik improvisiert werden. Derartige Feinheiten können wegen des dazu notwendigen Aufwands bei der Aufstellung der Taktfolgen für einen elektronischen Taktgeber nicht eingearbeitet werden. Man muß sich bei den verschiedenen Rhythmen auf einfach gestaltete Schlagzeugtakte festlegen (z. B. keine Trommelwirbel o. ä. vorsehen). Größere elektronische Schlagzeuge erzeugen zwar sehr abwechslungsreiche Rhythmen, und man ist bemüht, z. B. jeweils 2 bis 4 aufeinanderfolgende Takte unterschiedlich zu gestalten, doch läßt sich die Tendenz zur Monotonie nicht gänzlich beseitigen. Dieser kann nur durch Ausnutzung der Einstellmöglichkeiten der elektronischen Schlagzeuge entgegengewirkt werden (Wechsel der Rhythmen, häufige Umschaltung von Impulstastenbedienung auf halb- und vollautomatische Steuerung).
Während der Spieler bei Impulstasten- und halbautomatischer Steuerung die Einsätze der Schlaginstrumente in Abhängigkeit von der Begleitung selbst bestimmen kann, muß er bei Verwendung der automatischen Steuerung das vom Gerät vorgegebene gleichmäßige Spieltempo einhalten. Die Aufstellung und Erzeugung der Impulsfolgen für die automatische Rhythmuserzeugung ist technisch interessant. Dieser Thematik wenden sich die folgenden Abschnitte zu.

23.2.3.2. Aufstellen der Taktschemen

Zuerst wird für jede Rhythmusart ein Schlagzeug-Notenbild aufgezeichnet. Das müssen Fachkräfte (z. B. ausgebildete Schlagzeuger) nach vorheriger Besprechung der technischen Möglichkeiten vornehmen. Aus den Notenbildern können dann die Taktschemen zusammengestellt werden. Bei unkomplizierten Rhythmen mit einfachster Taktgestaltung reicht es aus, die 4/4-Takte in 4 und die 3/4-Takte in 3 gleiche Zeitintervalle nach Bild 23.13 zu unterteilen. Sollen jedoch mehrere

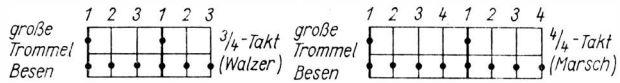


Bild 23.13 Einfache Taktschemen

und abwechslungsreiche Rhythmen erzeugt werden, ist die Taktteilung in Achtel bzw. Sechszehntel erforderlich. Bild 23.14 zeigt dafür Beispiele.

Aus den Taktschemen lassen sich die Impulsfolgen zur Steuerung der einzelnen Schlaginstrumente herausziehen. Beim Vergleich der Impulsfolgen ergibt sich stets, daß bei den verschiedenen Rhythmen mehrmals die gleichen Impulsfolgen auftreten. Sie steuern aber manchmal jeweils andere Schlaginstrumente. Es ist Aufgabe der Rhythmenwahlschalter, die Impulsfolgen den vorgesehenen Schlaginstrumentenschaltungen zuzuführen. Trotzdem ergeben sich je nach Gerätekonzeption (Anzahl der Rhythmen und Taktgestaltung) 30 bis über 50 unterschiedliche Impulsfolgen. Manche Impulsfolgen lassen sich z. B. auch durch die Addition zweier oder

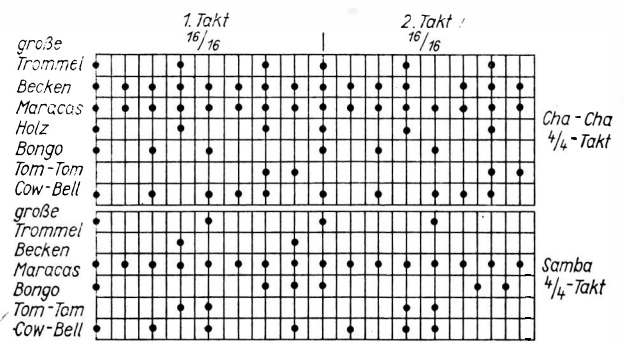


Bild 23.14 Beispiele für komplizierte Taktschemen (unterschiedliche Gestaltung von 2 aufeinanderfolgenden Takten)

mehrerer Folgen zusammensetzen. Um Bauelemente einzusparen, werden solche Gegebenheiten schaltungstechnisch genutzt.
Es gibt mehrere Wege, die Impulsfolgen zu bilden. Eine übersichtliche Schaltung erhält man, wenn zunächst alle benötigten Impulse z. B. von 1 bis 16 je Takt in zeitlich richtiger Reihenfolge einer Matrix entnommen werden (s. Abschnitt 24.3.1.1.). Die Impulsfolgen lassen sich dann durch Gatterschaltungen verhältnismäßig einfach und übersichtlich erzeugen.

23.2.3.3. Ableitung der Impulsfolgen aus den Taktschemen

In Abschnitt 23.2.3.1. ist festgestellt worden, daß die Taktschemen ein genaues Abbild der zeitlichen Folge der Schlaginstrumenteneinsätze sind. Die Anzahl der Rhythmen und ihre Taktgestaltung bestimmen den Aufwand im Taktgenerator und in den Matrix- und Gatterschaltungen zur Bildung der Impulsfolgen sowie die Anzahl der Schlaginstrumentenschaltungen.
Die aus den Taktschemen abgeleiteten Impulsfolgen müssen genau miteinander verglichen werden, um einander gleiche Folgen herauszufinden bzw. festzustellen, welche Folgen sich aus der Summe anderer vorhandener Folgen zusammensetzen lassen. Den Bauelementeaufwand in den Schaltungen zur Impulsfolgebildung kann man bisweilen auch durch geringfügige Änderungen in der Taktgestaltung verringern. Die Taktschemen dürfen jedoch nicht zu stark vereinfacht werden, da sich dadurch die Qualität des Rhythmusgeräts sehr schnell erheblich verschlechtern würde. Ohnehin kann ein vollautomatisches elektronisches Schlagzeug, wenn sich der technische Aufwand noch innerhalb vernünftiger Grenzen bewegen soll, das individuelle Können eines Schlagzeugers nicht vollständig ersetzen. Auf Nuancen im Anschlag, Verzierungen, Wirbel usw., wie sie ein Schlagzeuger in seinen Vortrag einbauen kann, verzichtet man bei vollelektronisch gesteuerten Rhythmusgeräten vorerst noch, jedoch kann sich das mit der fortschreitenden Entwicklung bald ändern, da sich mit mikro-

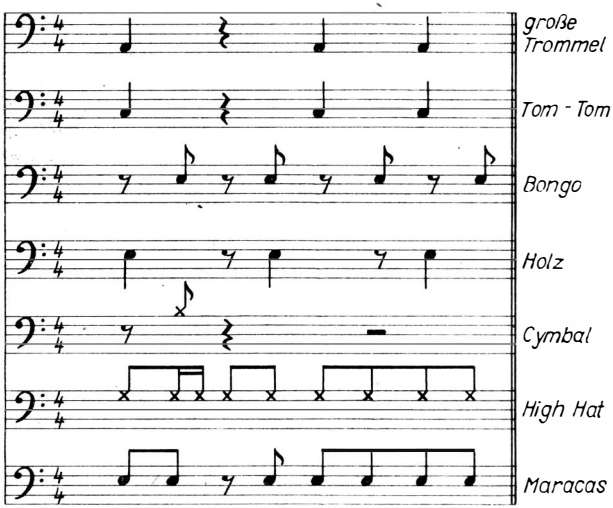


Bild 23.15 Schlagzeug-Notenbild für den Beguine

elektronischen Bauelementen auch kompliziertere Schaltungen auf engem Raum realisieren lassen. Durch Betätigen der Impulstasten und eine unterschiedliche Gestaltung der jeweils aufeinanderfolgenden 1. und 2. Takte kann man bei den gegenwärtigen Ausführungen der Rhythmusgeräte zwar eine gewisse Auflockerung erzielen, jedoch läßt sich damit der chronologische Charakter der elektronisch gesteuerten Rhythmen nicht gänzlich verdecken.

Bild 23.15 zeigt das Schlagzeug-Notenbild für einen Takt des Beguine. Aus Bild 23.16 ist zu ersehen, wie die Impulsfolge aus dem Taktschema für 2 Takte des Beguine hervorgeht, wobei im 1. Takt das Notenbild nach Bild 23.15 umgesetzt worden ist.

Die Abschnitte 23.3. bis 23.5.2. wenden sich den Grundlagen der Theorie zum Aufbau der Matrixschaltungen für die Erzeugung der Steuerimpulsfolgen zu.

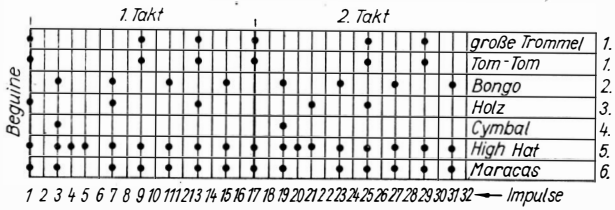


Bild 23.16 Ableiten der Impulsfolgen aus dem Taktschema
Jeder Takt ist in Sechzehntel geteilt, der 1. und 2. Takt sind unterschiedlich gestaltet. Zur Steuerung der 7 Schlaginstrumente werden 6 unterschiedliche Impulsfolgen benötigt:
1. große Trommel und Tom-Tom: Impulse 1, 9, 13, 17, 25 und 29,
2. Bongo: Impulse 3, 7, 11, 15, 19, 23, 27 und 31,
3. Holz: Impulse 1, 7, 13, 21 und 25,
4. Cymbel: 3 und 19,
5. High Hat: 1, 3, 4, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 20, 21, 23, 25, 27, 29, 31,
6. Maracas: 1, 3, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 23, 25, 27, 29, 31,
die Folge 6. stellt die Addition der Folgen 1 und 2 dar

23.3. Gewinnung der Steuerimpulsfolgen

23.3.1. Kleine Einführung in das Dualsystem

Was ist, was soll das Dualsystem? Das Wort Dual steht für Zweiheit, Dualsystem für Zweiersystem. Bezogen auf ein Zahlensystem heißt das, es gibt in diesem System nur 2 Zahlen: die Null (0) und die Eins (1). Um Verwechselungen mit unserem gebräuchlichen Dezimal-(Zehner-)System zu vermeiden, schreibt man für die 1 ein L. Also: Im Dualsystem gibt es die Zahlen 0 und L. Dieses Zahlensystem, das Dualsystem, ist nun von immenser Bedeutung für die Technik, speziell für die Datenverarbeitung und Informationstechnik, denn 2 Zahlen lassen sich in der Elektrotechnik sehr einfach darstellen. Einige Fälle sind z. B.:

0	L
1. Es fließt kein Strom	Es fließt Strom
2. Relaiskontakt geöffnet	Relaiskontakt geschlossen
3. Transistor gesperrt	Transistor durchgesteuert

Mit jeweils nur diesen beiden Zuständen lassen sich alle positiven ganzen Zahlen als Reihe von Potenzen zur Basis 2 darstellen. Einige Beispiele dafür sind:

Dezimalsystem	Potenzen zur Basis 2	Dualsystem
0	$0 \cdot 2^0$	0
1	$1 \cdot 2^0$	L
2	$1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$	L0
3	$1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$	LL
4	$1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$	L00
5	$1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$	L0L
6	$1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$	LL0
.		
.		
.		
8	$1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$	L000
.		
.		
.		
15	$1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$	LLLL
.		
.		
.		

Genauso läßt sich auch eine Schaltfolge durch eine solche Zahl des Dualsystems beschreiben, wobei dann weniger Wert auf die Zahl gelegt wird. Von größerer Bedeutung ist dabei die Folge der Schaltungen. Man denke nur an die verschiedenen Zustände einer Leuchtreklame.

Ähnlich verhält es sich bei den elektronischen Schlagzeugen. Auch bei ihnen benötigt man bestimmte Schaltfolgen, die

die verschiedenen Instrumente ansteuern. Es soll jedoch im Zusammenhang mit den Schlagzeugen besser von Impulsfolgen gesprochen werden, denn die einzelnen Instrumente benötigen nur einen kurzen Impuls, um ihren typischen Klang in Form einer elektrischen Schwingung abzugeben. Unter Impulsfolgen wird also das Aufeinanderfolgen von Steuerimpulsen für die Instrumente verstanden oder, als Zahlenband ausgedrückt, eine ganz bestimmte Aufeinanderfolge von 0 und L nach bestimmten Gesichtspunkten. Gesichtspunkte dabei sind vor allem Rhythmus und Takt. Für eine Rumba werden andere Impulsfolgen benötigt als z. B. für einen Tango. Es ist sogar noch doppelt zu unterscheiden; denn man unterteilt auf der einen Seite in die jeweiligen Rhythmen, und auf der anderen Seite müssen innerhalb eines bestimmten Rhythmus' eine Reihe von Instrumenten mit unterschiedlichen Impulsen versorgt werden. Grundlage des Zustandekommens einer bestimmten Impulsfolge ist zuerst einmal eine Grundfolge oder eine Grundimpulsfolge.

23.3.2. Grundimpulsfolge und Takteinteilung

Dieser Begriff soll am Beispiel eines Instruments eines Schlagzeugs verständlich gemacht werden. Gewählt sei die Schlagfolge des Besens, wie sie in Bild 23.13 dargestellt ist. In diesem Bild sind 2 unterschiedliche Rhythmen auszugsweise dargestellt, nämlich Walzer und Marsch. Die Zahlen über den Kästchen stellen die Viertelunterteilungen der Takte dar. Es ist zu ersehen, daß auf jeden Viertelschlag einer der dargestellten Takte ein Schlag des Besens fällt. Anders ausgedrückt, heißt das: Das Schlaginstrument Besen wird in jedem Taktviertel betätigt, zumindest so lange, wie das Musikstück dauert. Im Bild sind Viertel als kleinste Takteinheit gewählt. Demzufolge werden sie als Grundeinheit oder Grundschlag bezeichnet. Da es sich um elektronische (und nicht um mechanische) Instrumente handelt, die zum Ansteuern elektrische Impulse benötigen, kann die Grundeinheit bzw. der Grundschlag auch als Grundimpuls bezeichnet werden. Die unterbrochene Folge von Grundimpulsen wird dann als Grundim-

pulsfolge bezeichnet. Diese Grundimpulsfolge ist Grundlage eines jeden Taktes.
Ein bestimmter Rhythmus entsteht dann, wenn aus der Grundimpulsfolge einzelne, nach rhythmischen Gesichtspunkten ausgewählte Impulse herausgegriffen werden. Bei komplizierteren Rhythmen, als sie Walzer und Marsch sind, kommt man nicht mehr mit Vierteluntertеilungen aus. Es muß weiter unterteilt werden, zum Beispiel in Achtel und Sechzehntel.
Noch ein Begriff kommt dazu: der Takt. Als Takt soll die rhythmische Grundeinheit eines Musikstücks bezeichnet werden. Beim Walzer versteht man darunter den Dreivierteltakt, beim Marsch den Viervierteltakt. Die Viertel werden nach Belieben weiter unterteilt.
Für diese Darstellung muß der Begriff Takt etwas anders definiert werden. Es sei festgelegt: Ein Takt umfaßt eine festgelegte Anzahl von Grundimpulsen, z. B. 16 Grundimpulse. Musikalisch heißt das, der Grundtakt ist in 16 Sechzehntel unterteilt.
Verschiedene Rhythmen werden gebildet, indem man für ein bestimmtes Instrument (z. B. Besen) nur ausgewählte Impulse verwendet. Beim Marsch und Besen werden die Impulse 1, 5, 9 und 13 ausgewählt. Beim Foxtrott hingegen erklingt der Besen bei den Impulsen 5 und 13. Für ein einfaches elektronisches Schlagzeug genügt diese Unterteilung völlig. Bei dem in dieser Broschüre vorgestellten großen Schlagzeug, das auch höheren Ansprüchen genügen soll, wird als Rhythmusgrundeinheit eine wiederkehrende Folge von 2 unterschiedlichen Takten verwendet. Damit ist rhythmischer Abwechslung weitgehend Rechnung getragen.

23.3.3. Taktgeber

In diesem Abschnitt geht es um die Bereitstellung der Grundimpulsfolge. Im vorhergehenden Abschnitt war festgelegt worden, daß erstens je Takt 16 Grundimpulse verwendet und zweitens 2 aufeinanderfolgende Takte als Grundeinheit be-

nutzt werden. Elektrisch heißt das: Es wird ein Taktgeber benötigt, der 2mal 16, also 32 Impulse erzeugen kann. Dieser Vorgang muß nach dem Starten der Schaltung immer wieder von vorn ablaufen. Nach 32 Impulsen beginnt der Taktgeber wieder von neuem. Wichtig für die Schaltung der Rhythmusbildung ist dabei, daß für sie „erkennbar" ist, wann der Impuls wieder beginnt, damit der jeweils eingestellte Ablauf (Rhythmus) sich immer gleich wiederholen kann. Diese Forderung an die Zählschaltung erfüllt eine Hintereinanderschaltung von bistabilen Multivibratoren, auch *Flip-Flop* genannt. Das soll an einem Beispiel verdeutlicht werden.

Ein bistabiler Multivibrator (Flip-Flop) ist eine elektronische Schaltung, die 2 elektrische Zustände einnehmen kann.

Dazu sei Bild 23.17 betrachtet. Im wesentlichen besteht das Flip-Flop (FF) aus 2 Transistoren, T1 und T2, und einem Koppelnetzwerk KNW. Das KNW sorgt dafür, daß immer der eine Transistor gesperrt und der andere geöffnet ist. Es wird aus Widerständen, Kondensatoren und Halbleiterdioden gebildet.

Wenn also T2 geöffnet ist, d. h., durch ihn fließt ein Kollektorstrom, dann ist immer T1 gesperrt, d. h., durch ihn fließt kein Kollektorstrom, und umgekehrt. Am Ausgang $\overline{Q}$ steht dann eine „sehr geringe" Spannung, während an Q eine „sehr hohe" Kollektorspannung steht, d. h., es kann festgelegt werden:

niedrige Spannung $\triangleq$ logisch 0,

hohe Spannung $\triangleq$ logisch L.

In der Digitaltechnik hat sich an Stelle der Zahlen 0 und L des Dualsystems zur Bezeichnung zweier Spannungspegel zunehmend die aus dem Angelsächsischen stammende Be-

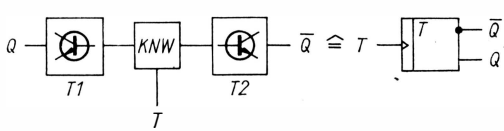


Bild 23.17 Übersichtsschaltplan bistabiler Multivibrator (Flip-Flop)

zeichnung zweier Spannungspegel mit den Symbolen L und H durchgesetzt. L ist dabei von „low" (engl.: tief) und H von „high" (engl.: hoch) abgeleitet. In dieser Broschüre werden zur Bezeichnung der Spannungspegel im weiteren ebenfalls die Symbole L und H benutzt.
Das Flip-Flop stellt also an seinen Ausgängen die Zustände L und H dar.
Wird auf den Takteingang T ein geeigneter Impuls gegeben, dann schaltet das Flip-Flop um, d. h., am Ausgang $\overline{Q}$ steht jetzt eine hohe Spannung, das entspricht „H", und damit an Q „L". Man sagt, das FF hat seinen 2. stabilen Zustand eingenommen. Wird der nächste Taktimpuls an T gelegt, schaltet das FF in seinen Ausgangszustand zurück.
Das Ergebnis lautet:

Ausgangszustand — $Q = H$, $\overline{Q} = L$,
1. Taktimpuls an E_T — $Q = L$, $\overline{Q} = H$,
2. Taktimpuls an E_T — $Q = H$, $\overline{Q} = L$.

Bezogen auf logisch „H" am Ausgang $\overline{Q}$ im Ausgangszustand, sind 2 Taktimpulse an T notwendig, um diesen Ausgangszustand wiederherzustellen. Oder: 2 Impulse am Eingang erzeugen einen Impuls am Ausgang. Eine Schaltung mit diesen Eigenschaften nennt man einen *Teiler* oder *Frequenzteiler*. Das Flip-Flop teilt einen Eingangsimpuls im Verhältnis 2:1. Werden mehrere Flip-Flop hintereinandergeschaltet, wobei z. B. immer der Ausgang $\overline{Q}$ mit dem folgenden Eingang T verbunden wird, erhält man eine *Teilerkette*, die von Stufe zu Stufe im Teilerverhältnis 2:1 arbeitet, d. h., 4 Impulse am 1. Takteingang werden dann benötigt, um am 2. Ausgang $\overline{Q}$ einen Impuls zu erzeugen. Das setzt sich immer mit dem Faktor 2 fort. Will man also am 3. Ausgang Q einen Impuls erzeugen, sind bereits 8 Taktimpulse am 1. Takteingang notwendig. In Bild 23.18 ist an jeden Ausgang die Impulsanzahl geschrieben, die benötigt wird, um am Ausgang $\overline{Q5}$ einen Impuls hervorzurufen. An T müssen also 32 Impulse anliegen, um an $\overline{Q5}$ einen Impuls zu erhalten. Unter Impuls, das muß

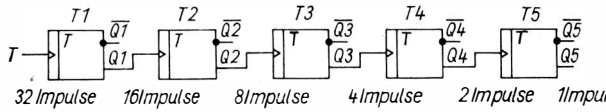


Bild 23.18 Teilerkette aus 5 Flip-Flop,
T: Takt- oder Impulseingang, Q_n: Ausgänge

an dieser Stelle betont werden, ist die Wiederherstellung des Ausgangszustands gemeint.

War also im Ausgangszustand ein logisch „L" vorhanden, so wird von diesem Ausgang dann ein Impuls abgegeben, wenn wieder der Zustand „L" vorliegt, also von „L" auf „H" und wieder zurück auf „L" geschaltet wird. Oder anders ausgedrückt: Bei jedem Wechsel von „H" auf „L" (= Ausgangszustand) wird ein Impuls abgegeben. In der Digitaltechnik nennt man diesen Vorgang „auf einer HL-Flanke schalten". Für HL-Flanke kann auch HL-Übergang stehen. Unter *HL-Übergang* bzw. *L-O-HL-Flanke* versteht man den Übergang einer höheren Spannung (H) in eine niedrigere Spannung (L). Entsprechend gibt es auch den umgekehrten Fall der LH-Flanke, auf den jedoch nicht näher eingegangen wird.

Da an den beiden Ausgängen Q und $\overline{Q}$ eines Flip-Flop immer entgegengesetzte logische Zustände (H bzw. L) vorliegen, sagt man, am Ausgang $\overline{Q}$ liegt der *umgekehrte* bzw. *negierte Zustand* als an Q.

Doch nach dieser Beschreibung zurück zum Taktgeber nach Bild 23.18. Ein solcher Taktgeber wird beim elektronischen Schlagzeug verwendet. Im folgenden soll beschrieben werden, wie die 32 Impulse für die Grundimpulsfolge entstehen. Diese Impulse lassen sich aus den einzelnen logischen „Zuständen", die die Teilerkette einnehmen kann, ableiten. Dazu seien die Ausgänge Q_n der einzelnen Stufen betrachtet. Die Ausgänge $\overline{Q_n}$ haben jeweils den negierten Zustand und brauchen deshalb nicht besonders erwähnt zu werden. Der betrachtete Ausgang des 1. Flip-Flop FF1 sei mit Q1, der des FF2 mit Q2 usw. bis FF5 und Q5 bezeichnet. Nun soll der Ausgangszustand der Teilerkette definiert werden. *Ausgangszustand* heißt der Zu-

stand, den die Teilerkette vor dem Start, d. h. vor dem 1. Taktimpuls, einnimmt. Dieser Ausgangszustand, auch Null-Zustand, heißt:
Alle Ausgänge Q1 bis Q5 haben Nullpotential, also Q1 = L, Q2 = L usw. In Form einer Zusammenstellung sieht das dann folgendermaßen aus:

Zustandsnummer	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
0.	L	L	L	L	L

Nach Eintreffen des 1. Impulses auf den Eingang T schaltet FF1 in seinen anderen Zustand, d. h., am Ausgang Q1 erscheint logisch „H". In der Zusammenstellung:

Zustandsnummer	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
1.	H	L	L	L	L

Nach dem 2. Taktimpuls kehrt FF1 wieder in seinen Ausgangszustand zurück: Q1 = L. Damit gibt aber FF1 einen Impuls weiter, denn an seinem Ausgang entstand ja ein HL-Übergang, so daß nunmehr FF2 schalten kann. Nach dem Impuls Nummer 2 ergibt sich damit folgendes Bild:

Zustandsnummer	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
2.	L	H	L	L	L

Beim nächsten Impuls wird Q1 wieder auf H gesetzt usw. Im Zusammenhang ergibt sich die Zusammenstellung nach Bild 23.19. Die Kette zählt im Sinne der Dualzahlen um eine Zahl weiter, wobei die Zustandsnummern jeweils auch gleichzeitig durch die entsprechende Dualzahl ausgedrückt werden. Beim Zustand 31 angekommen, schaltet der nächste Impuls das FF1 auf L, damit ist ein HL-Übergang gegeben; der das FF2 schaltet, an dessen Ausgang Q2 ebenfalls ein HL-Übergang auftritt, der wiederum FF3 schaltet usw. Nach dem Zustand 31 schalten alle Flip-Flop, und danach erscheint an allen Ausgängen wieder ein „L". Damit ist der Ausgangszustand wiederhergestellt. Gleichzeitig sind auch die eingangs erhobenen Forderungen erfüllt. Der Taktgeber gibt 32 (0 bis 31) Impulse ab, die alle voneinander verschieden sind, also von einer Rhythmusschaltung „erkannt" werden können.

	1	2	4	8	16
Nr	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
0	L	L	L	L	L
1	H	L	L	L	L
2	L	H	L	L	L
3	H	H	L	L	L
4	L	L	H	L	L
5	H	L	H	L	L
6	L	H	H	L	L
7	H	H	H	L	L
8	L	L	L	H	L
9	H	L	L	H	L
10	L	H	L	H	L
11	H	H	L	H	L
12	L	L	H	H	L
13	H	L	H	H	L
14	L	H	H	H	L
15	H	H	H	H	L
16	L	L	L	L	H
17	H	L	L	L	H
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
30	L	H	H	H	H
31	H	H	H	H	H
32=0	L	L	L	L	L

Bild 23.19
Ausgangszustände der Teilerkette

23.3.4. Ableitung einer Impulsfolge

Mit dem Aufbau einer Teilerkette, die 32 unterschiedliche Impulsbilder abgeben kann, ist jedoch noch kein elektronisches Schlagzeug fertiggestellt. Der wichtigste Teil steht noch bevor, nämlich die richtige Auswahl von Impulsfolgen, die den rhythmischen Forderungen entsprechen. An einem einfachen Beispiel soll das Prinzip erläutert werden.

Es sei zu diesem Zweck von einer einfacheren Teilerkette ausgegangen, von einer, die nur bis 4 zählen kann. Das läßt sich mit 2 Flip-Flop erreichen. Bild 23.20 zeigt den entsprechenden

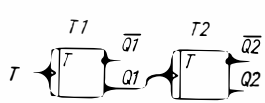


Bild 23.20
Teilerkette aus 2 Flip-Flop

Übersichtsschaltplan. Der Ausgangszustand lautet wieder Q1 = L und Q2 = L. Dann entstehen mit den folgenden Taktimpulsen die 4 Ausgangszustände:

Zustands-nummer	Q1	Q2
0	L	L
1	H	L
2	L	H
3	H	H
4 = 0	L	L

Nach Q1 = H und Q2 = H beginnt der Vorgang von neuem, also wieder bei Q1 = L und Q2 = L. Es wird jedem Zustand ein Viertel des 4/4-Taktes zugeordnet. Nun kann man ein beliebiges Viertel (entsprechend dem dazugehörigen Zustand Q1 Q2) auswählen und von einem Instrument des Schlagzeugs spielen lassen. Soll z. B. die große Trommel immer beim 1. Viertel erklingen, so muß es so eingerichtet werden, daß das elektronische Instrument „Große Trommel" dann einen Impuls bekommt, wenn der Zustand Q1 = L, Q2 = L vorliegt. Dazu benutzt man eine „Erkennungsschaltung", die später noch besprochen wird. Die anderen Zustände, HL, LH und HH, werden nicht „erkannt", und damit kann das Instrument nicht erklingen. Auf die gleiche Weise lassen sich auch auf die anderen Ausgangszustände andere Instrumente oder auf einen Ausgang mehrere unterschiedliche Instrumente „legen". Ein ganz einfacher Rhythmus wäre ein Abwechseln des Erklingens von großer Trommel und Becken. In Bild 23.21 ist das darge-

Zustandsnummer	*Taktviertel*	*Q1*	*Q2*	*erklingendes Instrument*
0	*1*	*L*	*L*	*große Trommel*
1	*2*	*H*	*L*	*Becken*
2	*3*	*L*	*H*	*große Trommel*
3	*4*	*H*	*H*	*Becken*

Bild 23.21 Einfaches Rhythmusbeispiel

stellt. Die Trommel ertönt bei den Zuständen LL und LH und das Becken bei HL und HH.
Jemand könnte einwenden, für 2 Instrumente brauche man auch nur einen Zähler, der bis 2 zählt. Das stimmt im Prinzip auch. Da aber vom Vierteltakt ausgegangen worden ist, muß korrekterweise auch bis 4 gezählt werden, bevor ein Takt beendet ist. Denn es könnte ja verlangt werden, daß nur auf das 3. Viertel noch ein anderes Instrument angespielt werden sollte, und dann werden die 4 Viertel bzw. Viererteiler benötigt. Bei dem Beispiel nach Bild 23.21 könnte das Q2-Flip-Flop allerdings weggelassen werden. Klangmäßig wäre das Ergebnis nicht von dem im Beispiel genannten zu unterscheiden. Um eine Schaltung so billig wie nur möglich aufbauen zu können, d. h. mit der geringsten Anzahl von Bauelementen, ist man sogar gezwungen, die Auswahlschaltungen zu minimieren. Dazu gibt es besondere Verfahren in der Digitaltechnik, die angewendet werden, wenn ein Problem nicht mehr so einfach zu überblicken ist wie das im Beispiel genannte.

23.3.5. Schaltungstechnik der Impulsauswahl

Die interessanteste Frage für den Amateur ist wohl die Umsetzung einer Idee bzw. in unserem Fall einer Impulsfolge in eine Schaltung. Es wurde bisher beschrieben, wie sich die einzelnen Zustände einer Teilerkette als Taktgrundlage ergeben. Entsprechend den Erfordernissen eines bestimmten Rhythmus müssen nun die benötigten Einzelimpulse herausgesucht und in eine Schaltung umgesetzt werden. Beispiele solcher Impulsdiagramme werden in Bild 23.13 bis Bild 23.15, Bild 24.5 usw. dargestellt. Dort ist beim jeweiligen Rhythmus für jedes an diesem Rhythmus beteiligte Instrument durch einen Punkt gekennzeichnet, zu welchem Zeitpunkt es erklingen soll. Die senkrechten Striche symbolisieren die Taktunterteilungen, in Bild 23.14 zum Beispiel Sechzehntel. Wie sehen nun diese Schaltungen aus, und wie entstehen sie? Soll diese Frage geklärt werden, muß man noch etwas tiefer in das Gebiet der Digitaltechnik eindringen.

23.3.5.1. Das logische ODER

Eine Information ist dann wahr, wenn nur eine von vielen Teilinformationen wahr ist, wobei die Richtigkeit aller anderen Teilinformationen keine Rolle spielt. Der Zustand „wahr" sei mit H, „falsch" mit L bezeichnet. In Bild 23.22 ist das ODER-Symbol dargestellt, rechts daneben seine sogenannte Wahrheitstafel. Mit Worten ausgedrückt: Der Ausgang Y ist dann „wahr", d. h., es liegt H an, wenn an einem der beiden Eingänge X1 oder X2 oder an beiden ein H anliegt. Am Ausgang steht eine Spannung (H), wenn mindestens an einem der beiden Eingänge eine Spannung angelegt wird. Es erscheint nur dann keine Spannung, wenn beide Eingänge spannungslos sind; das entspricht dem logischen Zustand L. Die entsprechende Schaltung ist ebenfalls in Bild 23.22 dargestellt. Liegen an den Eingängen X1 und X2, also an den Dioden D1 und D2, Spannungen mit dem Zustand L, dann sind die Dioden gesperrt. Am Ausgang ist dann ebenfalls keine Spannung vorhanden. Liegt aber nur an einer Diode eine entsprechende hohe Spannung, wird sie leitend, und der Ausgang führt ebenfalls eine Spannung bzw. den logischen Zustand H. Es können mehrere Dioden parallelgeschaltet werden, um die Anzahl der Eingänge zu erhöhen.

23.3.5.2. Das logische UND

Eine Information ist dann wahr, wenn alle Teilinformationen wahr sind. Ist auch nur eine Teilinformation nicht wahr, dann ist auch die Information nicht wahr, d. h. falsch. Bild 23.23 zeigt Symbol, Wahrheitstabelle und Diodenschaltung. Der Ausgang Y hat dann den Zustand „wahr" $\triangleq$ H, wenn beide Eingänge X1 und X2 „wahr" $\triangleq$ H sind.

Zur Erläuterung der Schaltung:

In diesem Fall sei umgekehrt vorgegangen. Liegen an den beiden Eingängen Spannungen, die dem Zustand H entsprechen, sind beide Dioden gesperrt. Der Ausgang Y liegt dann über dem Widerstand R an der Spannung U_{oc}, also auf logisch H. Wenn

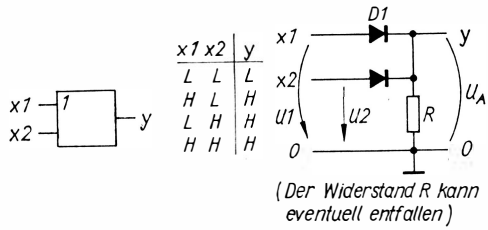


Bild 23.22 Das logische ODER-Symbol, Wahrheitstabelle, Schaltung

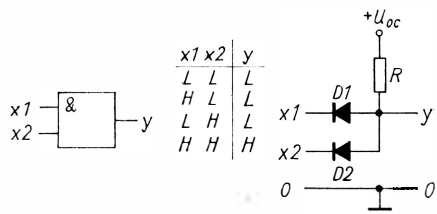


Bild 23.23 Das logische UND-Symbol, Wahrheitstabelle, Schaltung

nur ein Eingang L-Pegel führt, ist die entsprechende Diode geöffnet. Damit sinkt die Ausgangsspannung auf den L-Wert.

Bemerkung:

Die geringen Restspannungen, z. B. die Diodenflußspannungen (etwa 0,6 V), bedeuten auch den logischen Zustand Null. Im Gesamtsystem sind für L und H bestimmte Arbeitsbereiche festgelegt. Außerdem reagieren die einzelnen elektronischen Instrumente nicht auf einen bestimmten Spannungsbetrag, sondern, wie bereits bemerkt, auf einen Spannungssprung, nämlich der LH-Flanke.

Mit diesen beiden grundlegenden Schaltungen der Digitaltechnik können schon alle möglichen Schlagzeugvarianten aufgebaut werden. Zum Schluß sei nochmals das Beispiel aus Abschnitt 23.3.4. betrachtet. Ausgehend von dem dort Geschriebenen und Bild 23.21, ergibt sich der in Bild 23.24 dargestellte Übersichtsschaltplan.

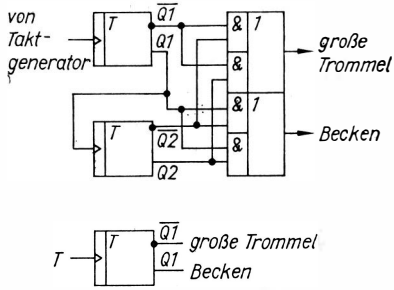


Bild 23.24. Übersichtsschaltplan des Schlagzeugs nach Bild 23.21

23.4. Auswahlmatrizen zur Bildung von Rhythmen

Im folgenden Abschnitt soll gezeigt werden, wie die Steuerimpulsfolgen für die einzelnen Instrumente entstehen. In Tabelle 24.3. sind die benötigten Impulsfolgen für ein großes elektronisches Schlagzeug zusammengestellt. Sie stellen die Schlagfolgen der einzelnen Instrumente dar, die in den Rhythmen nach Tabelle 24.2. verwendet werden. Es besteht nun die Aufgabe, diese elektrischen Impulsfolgen durch entsprechende Schaltungen nachzubilden, die dann die Impulse über die Rhythmenwahlschalter den Schlaginstrumenten zuführen. Solche Schaltungen wurden schon beschrieben. Es handelt sich um das logische UND und das logische ODER. Mit diesen beiden Grundschaltungen der Digitaltechnik können beliebige Impulse aus der Grundimpulsfolge ausgewählt werden.

23.4.1. Beispiel 1: Eine einfache Folge

Es sei zunächst als einen der einfachsten Fälle die Impulsfolge Nr. 5 in Tabelle 24.3 betrachtet. Sie lautet:
Impulsfolge (IF) $5 = 1 \vee 5 \vee 9 \vee 13 \vee 17 \vee 21 \vee 25 \vee 29$.
Das Zeichen „$\vee$“ (lat.: *vel* = oder) versinnbildlicht das logische ODER. In Worten heißt es dann: IF 5 = Impuls 1 oder Impuls 5 oder Impuls 9 oder ... Für das an die IF 5 angeschlossene Instrument bedeutet das:

Bei jedem in der IF 5 vorkommenden Einzelimpuls 1, 5, 9 usw. erklingt das angeschlossene Instrument. Bezieht man dies auf die Taktfolge, kommt man zu folgen dem Ergebnis:

1. Die IF 5 besteht aus 8 Einzelimpulsfolgen, die voneinander immer den gleichen zeitlichen Abstand haben.
2. In der Takteinteilung sind 2 aufeinanderfolgende Takte festgelegt (Takt 1 = Impuls 1 bis 16, Takt 2 = Impuls 17 bis 32).
3. Das bedeutet, daß auf jeden Takt 4 Impulse entfallen (4 Impulse = 4 Viertel).
4. Ergebnis: Das an die IF 5 angeschlossene Instrument schlägt jeweils die Viertel der Takte an.

Bei dieser Impulsfolge werden keine UND- bzw. ODER-Schaltungen benötigt, weil die Folge direkt vom Taktgenerator geliefert wird. Damit keine Rückwirkungen auftreten können, wird die Folge über eine Auskoppeldiode entnommen.

23.4.2. Beispiel 2: Impulsfolge 10

An einem zweiten Beispiel soll das Prinzip der Schaltungsfindung erläutert werden. Impulsfolge 10 (Tabelle 24.3.) lautet:
IF 10 = 1 ∨ 4 ∨ 5 ∨ 8 ∨ 9 ∨ 12 ∨ 13 ∨ 16 ∨ 17 ∨ 20 ∨ 21 ∨ 24 ∨ 25 ∨ 28 ∨ 29 ∨ 32.
Das sind 16 Einzelimpulse, bei denen ein angeschlossenes Instrument erklingen muß. Eine solche Folge wird nicht mehr direkt vom Taktgeber geliefert. Sie muß aus logischen Grundschaltungen zusammengesetzt werden. Zunächst aber kann man die Folge anders geordnet schreiben:
IF 10 = 1 ∨ 5 ∨ 9 ∨ 13 ∨ 17 ∨ 21 ∨ 25 ∨ 29 ∨ 4 ∨ 8 ∨ 12 ∨ 16 ∨ 20 ∨ 24 ∨ 28 ∨ 32.
Dabei ist die Folge noch genau dieselbe geblieben; lediglich die Einzelimpulse sind in einer anderen Reihenfolge geschriben worden. Man erkennt nun, daß es sich beim ersten Teil um die Einzelimpulse der IF 5 handelt. Deshalb gilt: IF 10 = IF 5 ∨ 4 ∨ 8 ∨ 12 ∨ 16 ∨ 20 ∨ 24 ∨ 28 ∨ 32.
Das heißt, IF 10 setzt sich neben den Impulsen der IF 5 noch aus den Impulsen Nr. 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28 und 32 zusammen. Die IF 5 wurde schon schaltungstechnisch dargestellt.

Zunächst sei der Einzelimpuls 4 als weiterer Impuls der IF 10 in eine Schaltung umgesetzt. Entsprechend Bild 23.19 ist der Impuls Nr. 4 dann erreicht, wenn die Ausgänge der Teilerkette (Bild 23.18) die folgenden Zustände innehaben: Q1 = L, Q2 = L, Q3 = H, Q4 = L, Q5 = L. Als Gleichung schreibt man das in der Digitaltechnik: Impuls 4 = $\overline{Q1} \wedge \overline{Q2} \wedge Q3 \wedge \overline{Q4} \wedge \overline{Q5}$. Das Zeichen „$\wedge$“ zwischen den Buchstaben versinnbildlicht dabei das logische UND. In Worten ausgedrückt, heißt die Gleichung: Impuls 4 = (d. h. liegt an, wenn) $\overline{Q1}$ (d. h. Q1 = L) und $\overline{Q2}$ (Q2 = L) und Q3 (Q3 = H) und $\overline{Q4}$ (Q4 = L) und $\overline{Q5}$ (Q5 = L) erfüllt sind.

Aus Bild 23.19 ist zu ersehen, daß nur dieser Ausgangszustand der Teilerkette den Impuls 4 charakterisiert. Die logische Schaltung ist in Bild 23.25 dargestellt. Läuft nun die Grundimpulsfolge ab (Impulse 1 bis 32), dann entsteht nur beim 4. Impuls am Ausgang der I4-Schaltung ein elektrischer Impuls.

Ebenso wird beim Einzelimpuls 8, dem nächsten Impuls der IF 10, verfahren. Es ergibt sich der Ausdruck: Impuls 8 = $\overline{Q1} \wedge \overline{Q2} \wedge \overline{Q3} \wedge Q4 \wedge \overline{Q5}$. Das ergibt die gleiche Schaltung wie beim Impuls 4, nur daß die Eingänge anders geschaltet sind. Man verfährt mit den noch verbleibenden Impulsen genauso und erhält: I12 = $\overline{Q1} \wedge \overline{Q2} \wedge \overline{Q3} \wedge Q4 \wedge \overline{Q5}$; I16 = $\overline{Q1} \wedge \overline{Q2} \wedge \overline{Q3} \wedge \overline{Q4} \wedge Q5$ usw.

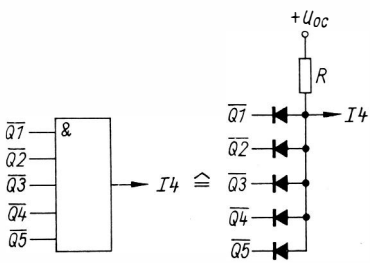


Bild 23.25 Schaltung zum Impuls 4

Die in dieser Weise gewonnene Schaltung ist sehr aufwendig. Für jeden Impuls werden 5 Dioden und ein Widerstand benötigt, das ergibt insgesamt 40 Dioden und 8 Widerstände. In der Digitaltechnik gibt es Methoden zur sogenannten Minimierung, d. h. Vereinfachung von digitalen Ausdrücken bzw. Schaltungen (eine Methode ist z. B. der *Karnaugh*-Plan). Diese Methoden an dieser Stelle zu beschreiben, würde den Umfang dieser Abhandlung jedoch übersteigen. Deshalb wird als gegeben hingenommen, daß sich die Impulsteilfolge $10 = 4 \vee 8 \vee 12 \vee 16 \vee 20 \vee 24 \vee 28 \vee 32$ in folgenden Ausdruck vereinfachen läßt: Impulsteilfolge $10 = Q1 \wedge Q2 = Z1 \wedge Z2$. Die entsprechende Schaltung zeigt Bild 23.26. Man erkennt sofort die Wirksamkeit der obengenannten Methoden bei dieser Teilfolge. Statt 40 Dioden und 8 Widerständen werden nur noch 2 Dioden und 1 Widerstand benötigt. Es läßt sich natürlich nicht jede Folge derart vereinfachen. Für die Impulsfolge 10 kann nun geschrieben werden:

IF 10 = IF 5 + Impulsteilfolge 10 oder $IF\ 10 = \overline{Z2} \vee Z1 \wedge Z2$.

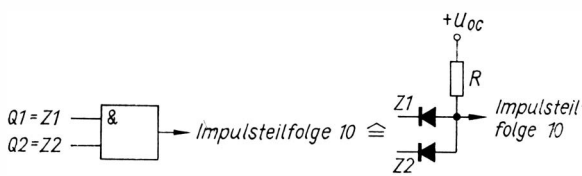


Bild 23.26 Schaltung zur Teilfolge 10

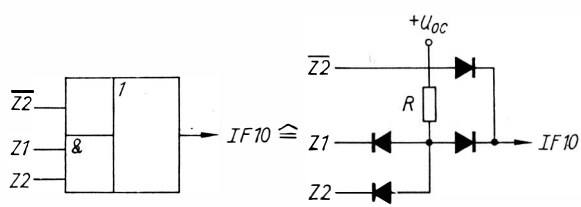


Bild 23.27 Schaltung zur Impulsfolge 10

Bild 23.27 zeigt die logische Schaltung. Insgesamt werden für die Impulsfolge 10 benötigt: 4 Dioden und 1 Widerstand.
In entsprechender Art wird auch mit den anderen Impulsfolgen verfahren. Die beiden Beispiele sollten den Weg verdeutlichen, der zur Endschaltung führt. Es ist verständlich, daß die Ableitung aller Impulsfolgen an dieser Stelle zu weit führen würde. Im Ergebnis entstand die Matrix nach Bild 24.16.

23.5. Zusatzeinrichtungen für elektronische Schlagzeuge

Die wohl wichtigste Zusatzeinrichtung für elektronische Schlagzeuge ist eine Schaltung zum automatischen Stop des Taktablaufs. Das bedeutet, daß nach Beendigung des voreingestellten Taktschemas — in unserem Fall nach Ablauf des Zwei-Takte-Rhythmus — und bei Nichtvorliegen eines neuen Startsignals das Schlagzeug selbständig „stehenbleibt". Das Startsignal kann z. B. vom Pedal einer Elektronenorgel gegeben werden. Der genannte „Automatik-Stop" hat u. a. den Vorteil, daß der Rhythmusablauf des Schlagzeugs nicht an irgendeiner Stelle stehenbleibt, sondern genau definiert nach Beendigung des 2. Taktes, also mit dem 32. Impuls. Die jeweilige Stop-Schaltung ist immer schaltungstechnisch mit dem Taktgeber bzw. der Teilerkette verbunden.

23.5.1. Schaltungsvariante 1

Diese Methode wird in der Schaltung nach Bild 24.9 verwendet. Sie stellt keine echte Stop-Schaltung dar, weil der Impulsgenerator (T3, T4) sowie die Teilerkette (F1 bis F5) nicht angehalten werden bzw. keinen Ruhezustand haben. Es wird lediglich mit der Starttaste Ta1 die NF von den Klanggeneratoren gegen Masse kurzgeschlossen, wenn das elektronische Schlagzeug in der Betriebsart „Stop" arbeiten soll. Zum Beginn des Rhythmusablaufs, d. h. zum Start des Schlagzeugs, wird zunächst die Starttaste Ta1 durchgeschaltet. Sie muß so lange gedrückt bleiben, wie das Schlagzeug zu hören sein

soll. Das Drücken von Ta1 bewirkt ein kurzzeitiges Sperren von T1. Sein Kollektorpotential steigt von nahezu 0 auf eine große positive Spannung (etwa 12 V). Dadurch wird zweierlei erreicht. Erstens werden alle Teiler auf einen definierten Ausgangszustand gesetzt. Zweitens wird über T2 der Taktgenerator synchronisiert und damit der Anlauf des Schlagzeugs immer vom gleichen Zustand aus erreicht. Beim Loslassen der Starttaste Ta1 wird sofort die NF gegen Masse kurzgeschlossen, während der Generator und die Teilerstufen weiterlaufen.

23.5.2. Schaltungsvariante 2

Dabei handelt es sich um eine echte Stop-Schaltung von Taktgenerator und Teilerkette (s. Bild 24.15). Das Schaltungsprinzip ist noch einmal in Bild 23.28 dargestellt. In die Emitterleitung des einen Transistors des Taktgenerators wird eine Parallelschaltung der Transistoren T1 und T2 geschaltet, die einem ODER-Glied entspricht. Ebenso stellen die 100-kΩ-Widerstände an der Basis von T2 ein ODER-Glied dar.

Schaltungsbeschreibung

Transistor T2 ist gesperrt, wenn alle 100-kΩ-Widerstände Nullpotential haben. Liegt nur an einem dieser Widerstände eine entsprechend hohe Spannung, so daß ein Basisstrom in T2 fließen kann, wird T2 aufgesteuert, und der Taktgenerator

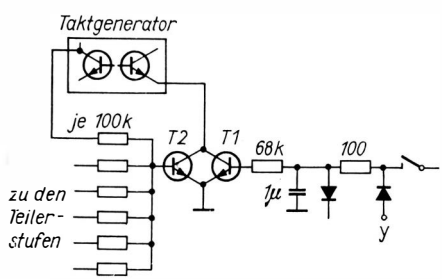


Bild 23.28 Prinzipschaltbild der Automatik-Stop-Schaltung

läuft an. Ebenso kann der Taktgenerator und damit die nachgeschaltete Teilerkette arbeiten, wenn der 2. Transistor des ODER-Gliedes T1/T2 geöffnet ist. Das läßt sich über einen Startimpuls am Punkt y oder bei Schließen des Pedalsteuerungsschalters (Stellung „aus") erreichen.

Steuerungsablauf

1. Ein kurzer positiver Spannungsimpuls am Punkt y steuert T1 durch und bringt den Taktgenerator zum Arbeiten.
2. Mit dem Taktgenerator wird auch die Teilerkette in Betrieb gesetzt.
3. Damit fließt über mindestens einen 100-kΩ-Widerstand Basisstrom in T2, der durchgesteuert wird, und nach erneutem Zusteuern von T1 den Taktgenerator weiterlaufen läßt.
4. Der Taktgenerator läuft so lange, bis an allen 100-kΩ-Widerständen wieder Nullpotential liegt, was genau nach 32 Impulsen der Fall ist.
5. Damit ist der Ausgangszustand wieder hergestellt. Der Taktgenerator und mit ihm die Teilerkette bleibt so lange „stehen", bis entweder ein neuer Startimpuls am Punkt y anliegt oder der Pedalsteuerungsschalter auf Stellung „aus" gebracht wird.

24. Gerätebeschreibungen und Selbstbauhinweise

Auf weitschweifige theoretische Abhandlungen kann an dieser Stelle verzichtet werden; sie helfen dem Amateur bei seiner praktischen Arbeit nicht viel. Schaltungen zu konzipieren und zu erproben ist zwar interessant, erfordert aber auch viel Zeit. Außerdem werden für die Berechnung z. B. einer Matrixschaltung zur Impulsfolgebildung nach Abschnitt 23. spezielle Kenntnisse in der Schaltalgebra und Digitalelektronik benötigt, die nicht zum allgemeinen Fachwissen eines Elektronikers gehören, wenn er nicht gerade mit Rechnern, Datenverarbeitungsanlagen u. ä. zu tun hat. Schließlich müssen die Matrixschaltungen minimiert werden, um die Impulsfolgen mit einer möglichst geringen Anzahl von Bauelementen erzeugen zu können. Trotzdem braucht man bei größeren Rhythmusgeräten bisweilen 200 und mehr Dioden allein für den Aufbau der Matrix- bzw. Gatterschaltungen. Die Abschnitte 23.3. bis 23.5.2. sind mit aufgenommen worden, um interessierten Amateuren den Weg zur Aufstellung der Gatterschaltungen für die Impulsfolgebildung aufzuzeigen. Für den Selbstbau der nachfolgend beschriebenen Geräte ist es nicht erforderlich, Berechnungen dieser Art vorzunehmen. Die Gatterschaltungen usw. sind vollständig angegeben.

Während der praktischen Arbeit können sich jedoch leicht Schaltungsfehler einschleichen. Um die Fehlersuche zu erleichtern bzw. die Schaltungen überprüfen zu können, werden jeweils die Impulsfolgen für markante Schaltungspunkte angegeben. Aus den Taktschemen gehen ohnehin die Steuerimpulsfolgen für die einzelnen Schlaginstrumente eindeutig hervor. Am einfachsten ist es, die Impulse nachzuzählen. Dazu wird die Frequenz des Taktgenerators (astabiler Multivibrator) durch Hinzuschalten von Kondensatoren parallel zu den frequenzbestimmenden Gliedern so weit herabgedrückt, daß ein Vergleich mit den Impulsfolgen möglich ist. Gibt der Taktgenerator z. B. 16 Impulse je Takt ab, kann man aus-

zählen, ob die Impulse einer Folge tatsächlich zahlenmäßig und zeitlich mit den vorhandenen Taktschemen übereinstimmen. In der Praxis führt diese Methode sehr schnell zum Ziel, wenn die Impulsfolgen an verschiedenen Punkten der Schaltungen (Taktgenerator, Teiler Gatterschaltungen usw). abgehört werden. Das geschieht, indem man die Impulse auf den Eingang eines NF-Verstärkers schaltet.

Dieser einfachen und zugleich sicheren Prüfmethode kann sich jeder Amateur bedienen. Die Frequenz des Taktgenerators wird dabei über eine RC-Reihenschaltung (1 MΩ und 100 pF) z. B. von einem Kollektoranschluß des astabilen Multivibrators abgegriffen und möglichst einem regelbaren Eingang des Abhörverstärkers zugeführt. Man stellt die Lautstärke gering ein, so daß die Knackgeräusche gerade noch deutlich zu hören sind.

Über ein weiteres an den 2. Eingang des Abhörverstärkers anzuschließendes Kabel greift man die zu überprüfenden Impulsfolgen unter Zwischenschaltung eines Kondensators 47 nF ab. Die hörbar werdenden Impulse klingen dumpfer als die des Taktgenerators und müssen etwas lauter als diese wiedergegeben werden. In Verbindung mit der Starteinrichtung läßt sich mit dieser einfachen Anordnung genau ermitteln, auf welche Impulse des Taktgenerators Impulse der jeweils abgegriffenen Impulsfolge fallen. Als Prüfunterlagen sind Tabelle 24.1. bis Tabelle 24.3. geeignet.

24.1. Einfache Taktgeber (Metronome)

Mechanische Metronome sind hinreichend bekannt. Sie dienen den Musikern zur Takthaltung beim Üben. Ihr Klang ist knackend; er kann härter oder weicher eingestellt werden. Die Frequenz der Knackgeräusche läßt sich durch eine verschiebbare Masse am Pendel zwischen etwa 0,6 Hz bis 3,5 Hz verändern. Ein elektronisches Metronom soll die gleichen Eigenschaften aufweisen. Abarten sind Orchestermetronome, von denen keine akustischen Signale sondern optische ausgehen (Lichtpendel).

24.1.1. Elektroakustisches Metronom

Musiker stellen an Metronome die in Abschnitt 24.1. genannten Anforderungen. Der Klang elektronischer Metronome soll dem Klang mechanischer Metronome nahekommen. Es lohnt sich also, eine nicht zu einfache Schaltung zu wählen, um Möglichkeiten zum Ausfeilen des Klangcharakters des Geräts zu haben. Auf der Skale eines mechanischen Metronoms findet man Angaben über die Taktfrequenzen. Dementsprechend muß auch ein elektronisches Metronom kalibriert werden. Der Einstellbereich liegt wie bei mechanischen Geräten zwischen 40 und 210 Taktschlägen je Minute. Die Kalibrierung des Metronoms ist daher einfach durchzuführen. Es sind folgende Geschwindigkeiten auf der Skale einzutragen:

Taktschläge je Minute
Largo etwa 40 bis 60,
Larghetto etwa 60 bis 66,
Adagio etwa 66 bis 76,
Andante etwa 76 bis 108,
Moderato etwa 108 bis 120,
Allegro etwa 120 bis 168,
Presto etwa 168 bis 200.
Prestissimo etwa 200 bis 208.

Bild 24.1 zeigt eine Metronomschaltung mit einem Klangfilter. T1 und T2 bilden den Generator, T3 arbeitet als Verstärkerstufe. Dieser folgt das Filter. Der Klang des Metronoms läßt sich leicht individuellen Wünschen anpassen, indem man die

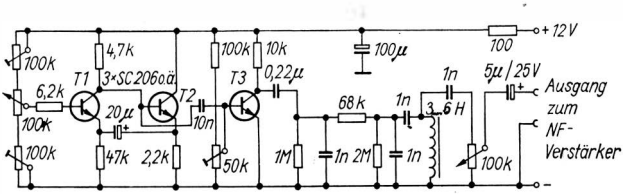


Bild 24.1 Elektroakustisches Metronom

Werte der Filterbauelemente verändert oder einstellbar auslegt (z. B. durch Parallelschalten einer Klangblende zur Drossel).

24.1.2. Metronom mit optischer Anzeige für Orchester

Bisweilen stört das knackende Geräusch eines akustischen Metronoms. In diesem Fall leistet ein Metronom mit optischer Anzeige nach Bild 24.2 gute Dienste. An den Taktgenerator schließt sich eine bistabile Kippstufe an. Diese steuert die beiden Kleinleistungstransistoren *SF 126*. In den Kollektorkreisen liegen die beiden Anzeigelampen. Entsprechend der Arbeitsweise der Kippstufe leuchten die Lampen abwechselnd auf und geben damit das Spieltempo an. Die Schaltungen nach Bild 24.1 und Bild 24.2 können auch miteinander kombiniert werden. Der Taktgenerator wird dann nur einmal aufgebaut, er steuert den akustischen wie auch den optischen Schaltungsteil des Geräts gleichzeitig. Für den praktischen Gebrauch eines Metronoms ist es vorteilhaft, einen einfachen NF-Verstärker und einen Lautsprecher mit in das Gerät einzubauen. Gleiches gilt für einen Netzstromversorgungsteil.

24.2. Kleine Rhythmusgeräte

Geräte dieser Gruppe werden oft zusätzlich in elektronische Orgeln eingebaut. Sie finden aber auch als selbständige Bau-

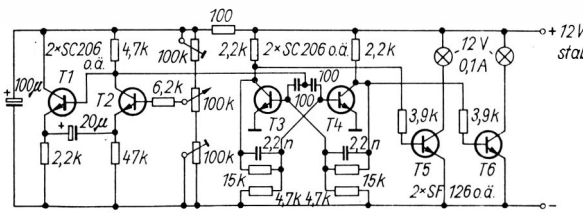


Bild 24.2 Metronom mit optischer Anzeige

einheiten Verwendung. Die Schlaginstrumente werden mit Druckkontakten in Handbedienung ausgelöst, oder es sind z. B. an den Tasten eines Musikinstruments Kontakte zur halbautomatischen Steuerung angebracht. Mit etwas mehr Aufwand ist durch den Einbau eines elektronischen Taktgebers auch eine vollautomatische Steuerung möglich. Im folgenden werden 2 Geräte dieser einfachen Bauweise beschrieben.

24.2.1. Einfaches Rhythmusgerät mit halbautomatischer Steuerung

Der Einbau von Impulsauslösetasten (nichtrastende Druckkontakte für Handbedienung) bereitet keine Schwierigkeiten. Deshalb sind solche Kontakte allgemein bei allen Ausführungsarten von Rhythmusgeräten zu finden. Die Bedienung der Auslösetasten zur Erzeugung der Schlaginstrumenteneffekte ist aber bei längeren Darbietungen anstrengend. Erleichterung können Fußkontakte bringen.

Die eleganteste Lösung, die Schlaginstrumente auszulösen, ist bei einfachen Geräten zweifellos die halbautomatische Steuerung. Auf Tasteninstrumenten wird die Begleitung ohnehin meistens mitgespielt. Daher bietet es sich an, die Schlageffekte zusammen mit den Tastenanschlägen für die Baß- und Akkordbegleitung mit auszulösen.

Eine sehr wirkungsvolle Wiedergabe der Schlaginstrumente ergibt sich bei Instrumenten mit Baßpedal, indem dem Manual im Begleittonbereich z. B. ein Besen und dem Fußpedal eine Baßtrommel zugeordnet werden. Ist kein Baßpedal vorhanden, sollte das Manual nur eine Besenschaltung erhalten. Es klingt nicht, wenn mit jedem Tastenanschlag im Begleittonbereich des Manuals z. B. stets auch ein Baßtrommelschlag ertönt. Will man trotzdem auf eine große Trommel nicht verzichten, kann zu ihrer Auslösung vorteilhaft ein Fußdruckkontakt an Stelle einer Handauslösetaste verwendet werden.

Eine andere, weniger gebräuchliche Variante zur Auslösung von Schlageffekten besteht darin, jeder Taste eines vorhandenen Baßpedals jeweils ein Schlaginstrument zuzuordnen.

Mit dem Einschalten der Schlaginstrumente wird die Baßtonwiedergabe unterbrochen. Da ein Pedal mindestens 13 Tasten zählt, können alle Arten der gebräuchlichsten Schlaginstrumente eingebaut werden. Man spielt dieses „komplette Schlagzeug" durch Betätigen der entsprechenden Pedaltasten mit den Füßen. Diese Spieltechnik ist dem Baßpedalspiel ähnlich.

Bild 24.3 (s. Faltbeilage) zeigt den Stromlaufplan eines kleinen Rhythmusgeräts. Bei diesem Gerät läßt sich der Beseneffekt mit Tonfrequenzen steuern. Sie werden von der 4'-Sammelschiene des elektronischen Tasteninstruments abgegriffen. Bei Legatospiel spricht die Besensteuerungsschaltung nicht an. Das läßt sich für die Ein- und Ausblendung des Beseneffekts während des Vortrags sehr gut nutzen.

Der Beseneinsatz kann außerdem von einer Taste für Handbetätigung und von Pedal- und Manualtastenkontakten gesteuert werden. Beim Einbau von Kontakten im Manual können die Transistorstufen T1, T2 und T3 bis zum Auskopplungskondensator 0,1 μF am Kollektor von T3 entfallen. Das vereinfacht das Gerät. Manchmal ist es aber zu schwierig, die Manualkontakte z. B. nachträglich in einer elektronischen Orgel zu montieren, wenn wenig Platz vorhanden ist. In solchen Fällen läßt sich einfacher eine Schaltung für Tonfrequenzsteuerung einbauen.

24.2.2. Rhythmusgerät mit elektronischem Taktgeber

Geräte mit halbautomatischer Steuerung, wie in Abschnitt 24.2.1. beschrieben, lassen sich effektvoll einsetzen, denn die Schlaginstrumente werden jeweils bei Betätigung einer im Begleittonbereich liegenden Taste ausgelöst. Das Schlagzeugtempo paßt sich daher dem gewählten Spieltempo genau an. Kleine Unregelmäßigkeiten in der Takthaltung führen nicht zu Zeitdifferenzen zwischen Begleitton- und Schlagzeugtempo. Anders ist das bei Rhythmusgeräten mit elektronischer Steuerung. Diese Geräte arbeiten im Prinzip wie ein Metronom. Sie erzeugen nach dem Einschalten einen völlig zeitkonstanten Rhythmus, dem sich der Musiker anpassen muß. Aus diesem

Grund werden bei Rhythmusgeräten oft beide Möglichkeiten der Steuerung vorgesehen. Hinzu kommen Drucktasten zur Auslösung nichtprogrammierter Schlageffekte.

Das nachfolgend beschriebene Gerät mit automatischem Taktgeber kann auch für Drucktasten- oder halbautomatische Steuerung beim Einbau in Tasteninstrumente verwendet werden. Es ist nicht schwierig, die dazu notwendigen Schalter an die Tasten zu montieren, wenn der Platz dafür vorhanden ist. Ansonsten läßt sich auch eine Schaltung einbauen, die in Abhängigkeit vom Tonsignal Impulse zur Steuerung der Schlaginstrumente liefert.

Bild 24.4 zeigt den Stromlaufplan eines solchen Geräts. Es sind 2 Schlaginstrumente (Baßtrommel und Besen) vorhanden. Die Baugruppen sind in der Abbildung einzeln benannt. Zunächst soll die Baugruppe „Baßtrommel" betrachtet werden. Die Erzeugung des Schlageffekts der großen Trommel geschieht mit Hilfe eines astabilen Multivibrators. Seine rechteckförmige Ausgangsspannung gelangt nicht zum NF-Verstärker, solange die Dioden im Ausgangskreis des Multivibrators Sperrspannung erhalten. Wird jedoch über den Impulsankopplungskondensator C1 ein positiver Impuls eingekoppelt, öffnen die Dioden schlagartig, so daß die Frequenz des Multivibrators zum NF-Verstärker gelangt. Negative Spannungssprünge lösen keine Schlageffekte aus. Diese Impulse werden über die Reihenschaltung Diode und 10-kΩ-Widerstand nach Masse abgeleitet. Nachdem ein Schlageffekt ausgelöst wurde, baut sich die Diodensperrspannung wieder auf. Der Widerstand 82 kΩ (R3) bestimmt dabei die Zeitkonstante des perkussionsartigen Schlageffekts. Die für den Klang der Baßtrommel ungünstigen hohen Frequenzanteile der Multivibrator-Ausgangsspannung werden durch die im Übertragungszweig liegenden RC-Glieder R1, C2 und R2, C3 noch vor dem NF-Verstärker ausgesiebt. Die Drossel 2,5 H unterdrückt die auftretende Gleichspannungskomponente. Der Beseneffekt wird wie üblich mit Hilfe von Rauschen erzeugt. Rauschspannungsquelle ist die in Sperrichtung betriebene Basis-Emitter-Strecke des Transistors T12. Zum gesamten Rauschgenerator gehören die Transistoren T11 bis

Bild 24.4 Kleines Rhythmusgerät mit elektronischer Steuerung

T15. Die perkussionsartigen Beseneffekte werden wie bei der Baßtrommel erläutert ausgelöst.
Die Signale der Baßtrommel gelangen zur Basis des Transistors T16, während die des Besens zur Basis des Transistors T17 geführt werden. Beide Transistoren T16 und T17 sind parallelgeschaltet und arbeiten als NF-Mischstufe. An das Gerät ist ein NF-Verstärker (NF-Verstärker eines Musikinstruments oder ein handelsüblicher Verstärker für Musikkapellen) anzuschließen.
Die zur Auslösung der perkussionsartigen Schlageffekte benötigten positiven Spannungssprünge liefert der Taktgenerator. Fr enthält wie alle elektronisch gesteuerten Rhythmusgeräte dieser Bauart einen Rechteckgenerator in Form einer astabilen Kippschaltung (T1 und T2). Es folgen 3 Flip-Flop, die die Erequenz des Rechteckgenerators teilen, um alle im Taktschema eingezeichneten Impulse ableiten zu können. Die Taktfrequenz des Rechteckgenerators läßt sich zur Einstellung des Schlagzeugtempos zwischen etwa 2 Hz bis 8 Hz regeln.
Der Taktgenerator beginnt zu schwingen, wenn der Startschalter geöffnet wird (D1). Der geschlossene Startschalter bewirkt die Rückstellung der Flip-Flop, so daß der Einsatz des Schlagzeugs durch Öffnen der Starttaste stets auf den Taktanfang fällt. An den Transistoren T2 bis T8 erhält man

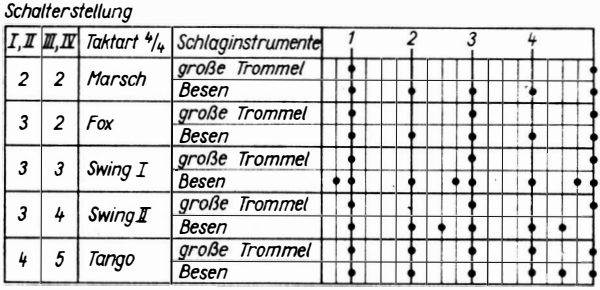


Bild 24.5 Schema der $^4/_4$-Takte des Geräts nach Bild 24.4

Schalterstellung

I, II	III, IV	Taktart 3/4	Schlaginstrumente	1	2	3
5	2	Walzer	große Trommel	•		
			Besen	•	•	•
5	3	Swing Walzer I	große Trommel	•		
			Besen	• •	•	• •
5	4	Swing Walzer II	große Trommel	•		
			Besen	•	• •	• •
5	5	Walzer (Tangoart)	große Trommel	•		
			Besen	•	•	• •

Bild 24.6 Schema der $^3/_4$-Takte des Geräts nach Bild 24.4

also zeitabhängige Spannungsvorgänge, die in den angeschlossenen Perkussionsschaltungen verarbeitet werden.
Bild 24.5 und Bild 24.6 zeigen die mit dem Gerät einstellbaren Rhythmen. Die Anordnung der Rhythmenwahlschalter vereinfacht die Schaltung im Widerstands-Dioden-Netzwerk. Trotz der geringen Anzahl von Dioden können relativ viele Rhythmusarten gewählt werden. Hinzu kommt, daß sich zusätzlich auch manuell oder halbautomatisch Schlageffekte auslösen lassen. Die dazu notwendigen Schalter sind in Bild 24.4 angedeutet.
Wenngleich es sich um ein einfaches Gerät handelt, erweitern die Schlageffekte die Ausdrucksmöglichkeiten z. B. beim Spielen herkömmlicher oder elektronischer Tasteninstrumente. Wer den Selbstbau eines größeren Rhythmusgeräts plant, sollte zuerst ein derartiges kleines Gerät bauen und dabei praktische Erfahrungen sammeln. In den meisten Instrumenten ist noch der Platz für den nachträglichen Einbau eines Geräts der beschriebenen Art vorhanden.

24.3. Große elektronische Schlagzeuge

Mit Geräten dieser Gruppe können etwa 15 verschiedene automatisch gesteuerte Rhythmen wiedergegeben werden. Die vorhandenen 8 bis 10 Schlaginstrumente lassen sich teilweise

noch zusätzlich durch Impulstasten auslösen. Meistens sind auch Anschlußbuchsen für halbautomatische Steuerung eingebaut, an die Tastenkontakte angeschlossen werden können. Außerdem sind die Geräte manchmal noch mit einem Tonfrequenzeingang zur Impulsgewinnung und der dazu erforderlichen Schaltung ausgestattet. Weitere elektronische Einrichtungen wie Start-Stop-Schaltung, optische Taktanzeige, Akkordbegleitautomatik gehören zur Ausstattung besonders aufwendiger Geräte. Im folgenden wird der Aufbau derart ausgeführter Schlagzeuge an Hand ausgewählter Beispiele beschrieben.

24.3.1. Rhythmusgerät mit 16 Rhythmen und 9 Schlaginstrumentenschaltungen

Zunächst sei die Wirkungsweise des Geräts in vereinfachter Form erläutert. Interessant bei diesem Gerät ist die Impulsfolgebildung, denn zunächst werden von einem Taktgenerator in Verbindung mit Dioden- und Transistormatrixschaltungen die Impulse 1 bis 16 für die Bildung der Impulsfolgen abgeleitet (die Impulse 2, 6 und 10 kommen in den Taktschemen nicht vor und werden nicht erzeugt). Am Ausgang der Transistormatrix stehen die im richtigen Zeitmaß aufeinanderfolgenden Impulse 1 bis 16 (die Impulse 2, 6 und 10 ausgenommen) zur Verfügung. Die zur Steuerung der Schlaginstrumente erforderlichen Impulsfolgen (Taktschemen) können daher übersichtlich gebildet werden, indem man die innerhalb eines Taktes benötigten Impulse am Ausgang der Matrixschaltung abgreift und über Entkopplungsdioden zusammenführt, so daß sich die ausgewählten Impulse aneinanderreihen und sich dadurch die gewünschten Impulsfolgen ergeben. Diese gelangen an die Rhythmenwahlschalter. Nach Betätigen eines Wahlschalters werden die Impulsfolgen den zugeordneten Schlaginstrumentenschaltungen zugeführt. Das im folgenden näher beschriebene Gerät ist mit weiteren Einrichtungen ausgestattet, die z. B. eine unterschiedliche Gestaltung der jeweils aufeinanderfolgenden Takte und optische Tempokontrolle ermöglichen.

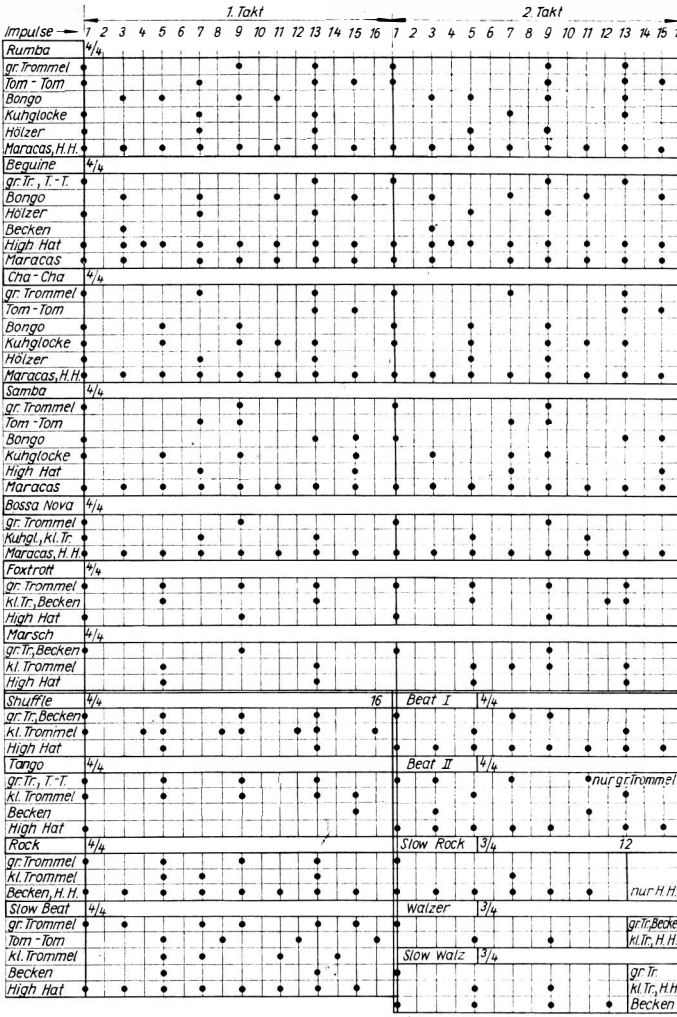


Tabelle 24.1. Taktschemen für 16 unterschiedliche Rhythmen

24.3.1.1. Taktschemen

Die vorgesehenen Taktschemen bestimmen den technischen Aufwand für das Rhythmusgerät. Das Aufstellen der Taktschemen ist die erste Arbeit im Zeitraum der Bauplanung eines Geräts (s. Abschnitt 23.3. bis Abschnitt 23.5.2.). Die für das vorliegende Gerät konzipierten Taktschemen für insgesamt 16 Rhythmen sind in Tabelle 24.1. zusammengefaßt.

24.3.1.2. Übersichtsschaltplan

Die Wirkungsweise des Gesamtgeräts läßt sich am besten an Hand des Übersichtsschaltplans nach Bild 24.7. beschreiben. Der Taktgenerator enthält einen astabilen Multivibrator (Steueroszillator). Seine Frequenz läßt sich zur Tempoeinstellung der Rhythmen in bestimmten Grenzen regeln. Es folgen 5 Flip-Flop zur Frequenzteilung.
Die Starteinrichtung dient dem Setzen der Flip-Flop und der Synchronisation des Taktgenerators bei Spielbeginn, so daß das Schlagzeug beim Starten stets mit dem Taktanfang einsetzt. Der Taktgenerator arbeitet ständig, schaltungstechnisch

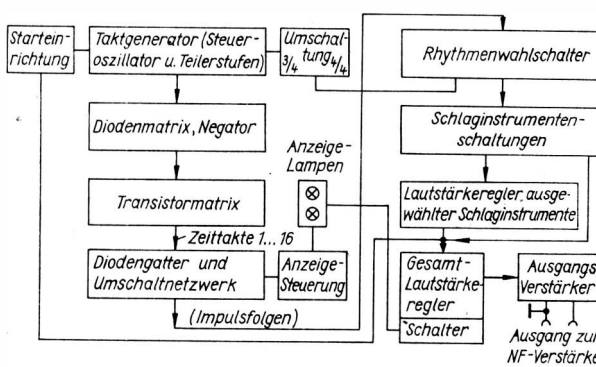


Bild 24.7 Übersichtsschaltplan des Rhythmusgeräts für 16 Rhythmen und 9 Schlaginstrumente

ist aber gewährleistet, daß die Ausgangssignale der Schlaginstrumentenschaltungen erst nach Betätigen der Starttaste zum Ausgangsverstärker gelangen.

Durch die optische Tempoanzeige ist auch bei gestoppter Rhythmuswiedergabe eine Tempokontrolle möglich. Zur Steuerung der Anzeigelampen dienen 2 Kippschaltungen (Anzeigeschaltung).

An den Taktgenerator (Steueroszillator und Teilerstufen) schließen sich die Schaltungen zur Taktaufbereitung an (Diodenmatrix, Negator und Transistormatrix). An den Ausgängen der Transistormatrix stehen die Impulse 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15 und 16 zur Impulsfolgebildung bereit (es ist schon erwähnt worden, daß die Impulse 2, 6 und 10 in den Taktschemen nicht vorkommen).

Mit Hilfe des Diodengatters werden die für die Rhythmen benötigten Impulsfolgen gebildet. Die Dioden dienen der Entkopplung. Durch das eingefügte Umschaltnetzwerk wird die unterschiedliche Gestaltung des jeweils 2. Taktes (s. Taktschemen Tabelle 24.1.) bewirkt.

Die im Diodengatter erzeugten Impulsfolgen liegen an den Rhythmenwahlschaltern. Nach Betätigung eines Schalters gelangen die Impulsfolgen an die Steuereingänge der zugeordneten Schlaginstrumentenschaltungen und lösen die Schlageffekte aus.

Die Ausgangssignale sind in der Stoppstellung der Starttaste vor dem Ausgangsverstärker kurzgeschlossen und daher nicht zu hören. Beim Betätigen der Rhythmenwahlschalter „Langsamer Rock", „Walzer" oder „Langsamer Walzer" wird der Taktgenerator auf 3/4-Takt umgeschaltet. Er zählt dann nicht bis 16, sondern nur bis 12.

Das Rhythmusgerät muß an einen NF-Verstärker angeschlossen werden. Das kann z. B. ein Mischpultverstärker aus der *Regent*-Serie, der NF-Teil eines hochwertigen Rundfunkempfängers oder der NF-Verstärker einer elektronischen Orgel sein. Beim Anschluß des Geräts an ein elektronisches Musikinstrument mit Schweller ist es günstig, die Signale noch vor dem Schweller einzukoppeln, so daß sich die Lautstärke des Rhythmusgeräts an die Lautstärke der Tonsignale anpaßt.

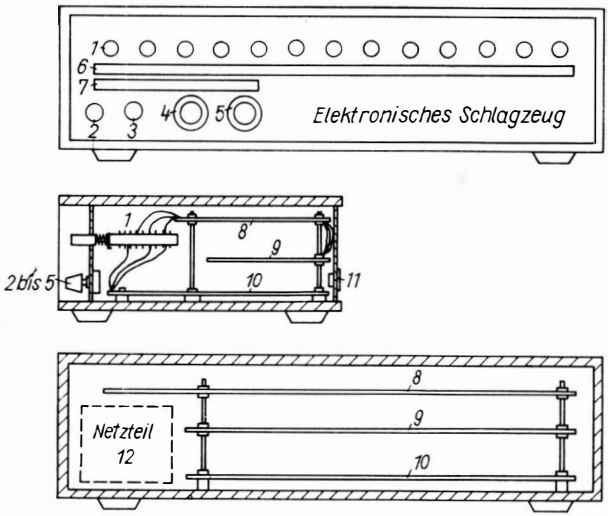


Bild 24.8 Aufbaubeispiel eines Rhythmusgeräts
1 Rhythmenwahlschalter, 2 Netzschalter, 3 Starttaste 4 Takttempo, 5 Lautstärke, 6 und 7 Beschriftungsfelder, 8 Matrix, Gatterschaltung, 9 Taktgenerator, 10 Schaltungen der Schlaginstrumente und Ausgangsvorverstärker, 11 NF-Ausgang, 12 Netzteil

Die Grundlautstärke des Rhythmusgeräts wird an dessen Summenregler eingestellt.
Bild 24.8 zeigt den Aufbau eines selbstgebauten elektronischen Rhythmusgeräts. Im Innern sind 3 Platinen übereinander angeordnet.

24.3.1.3. Schaltungstechnischer Aufbau der Baugruppen und ihre Wirkungsweise

Bild 24.9 (s. Faltbeilage) zeigt den Schaltungsaufwand zur Erzeugung der Impulse 1 bis 16 (außer 2, 6 und 10, die nicht benötigt werden). Eingezeichnet ist auch die Startschaltung. Anschlußpunkte zu anderen Teilschaltungen des Geräts sind

mit Nummern, Buchstaben oder speziellen Hinweisen gekennzeichnet.

In Bild 24.10 (s. Faltbeilage) sind das Diodengatter und die Rhythmenwahlschalter (Tastensatz) dargestellt. Die Anschlüsse zum Umschaltnetzwerk nach Bild 24.11 (unterschiedliche Taktgestaltung) sind im Diodengatter mit Kreuzen versehen. Unterschiedliche 1. und 2. Takte weisen die Rhythmusarten Cha-Cha, Bossa Nova, Beguine, Rumba, Marsch, Samba und Foxtrott auf. Die Rhythmen sind mischbar, das heißt, es können mehrere Rhythmustasten gleichzeitig gedrückt werden. Das führt zu vielen interessanten Rhythmusvariationen.

Bild 24.11 enthält auch die Lampenanzeigeschaltung. Die Herkunft der Steuerimpulse ist angegeben.

Bild 24.12 (s. Faltbeilage) zeigt die Stromlaufpläne für die Schlaginstrumente des Geräts. Außerdem sind die Stromlaufpläne des Ausgangsverstärkers, einer Hilfstransistorstufe zur Unterdrückung des Einschaltknackens und der Gesamtvolumenregler eingezeichnet. Vor dem Gesamtlautstärkeregler ist eine NF-Leitung angeschlossen, die zur Starttaste führt (Kurzschluß der NF bei nichtbetätigter Starttaste). Die impulstechnischen Schaltungen elektronischer Schlagzeuge sind bereits in Abschnitt 23. einer näheren Betrachtung unterzogen worden. Die weiteren Angaben zum beschriebenen Rhythmusgerät sind für Leser von Interesse, die sich mit der Funktion der elektronischen Baugruppen des Geräts etwas tiefgründiger beschäftigen möchten.

Das Gerät wird gestartet, wenn sich der Kondensator C1 (Bild 24.9) durch Betätigen der Starttaste entlädt. Der Taktgenerator schwingt zwar im gestoppten Zustand, jedoch ist der NF-Ausgang in der Stoppstellung kurzgeschlossen. Im Moment der Betätigung der Starttaste erhält der Kollektor des Transistors T1 einen positiven Impuls, wodurch alle Flip-Flop zurückgestellt und der Taktgenerator synchronisiert werden (Bild 24.13, Impulszeile b). Damit fällt der Schlagzeugeinsatz stets auf den Taktbeginn.

Der Taktoszillator ist ein astabiler Multivibrator (T3, T4). Durch den an T1 entstehenden positiven Impuls beim Be-

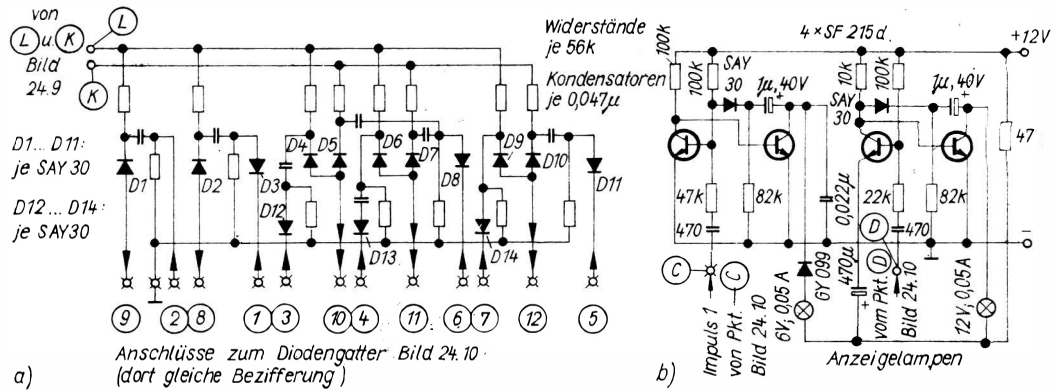


Bild 24.11 Dioden-Widerstands-Netzwerk für die unterschiedliche Gestaltung des 2. Taktes (a) und Lampenanzeigeschaltung — Metronom mit optischem Signal (b)

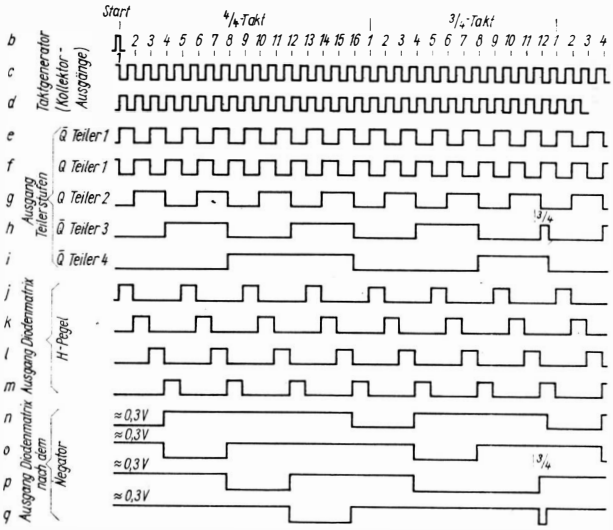


Bild 24.13 Impulsdiagramm

tätigen der Starttaste wird T2 kurzzeitig leitend und T3 gesperrt. Das Schlagzeugtempo (Frequenz des Taktoszillators) kann durch Verändern der Spannung an den Basisanschlüssen der Transistoren T3 und T4 mit dem Temporegler in den erforderlichen Grenzen geregelt werden (Verändern der Zeitkonstantenglieder des Multivibrators). In Bild 24.13 sind die Impulsfolgen am Kollektor T3 (Zeile c) und am Kollektor T4 (Zeile d) dargestellt.

An den Taktoszillator sind 5 Multivibratorteiler angeschlossen. Die Teilerstufen 1 bis 4 bilden zusammen mit der Diodenmatrix 2 Zähler mit einem Zählvolumen von 4.

Die Diodenmatrix schließt die Ausgangssignale der Teiler 1 und 2 zusammen, so daß an den Ausgängen der Diodenmatrix nacheinander H-Pegel anliegen (Bild 24.13, Zeilen j bis m). Nach jedem vollständigen Durchlauf des vorgeschalteten Zählers ändert sich der Zählzustand des aus den monostabilen Kippstufen 3 und 4 gebildeten Zählers. Durch den

Negator werden die Ausgänge der an diesem Teil der Schaltung liegenden Diodenmatrix negiert (Bild 24.13, Impulszeilen n bis q).

Die Ausgangsimpulse der an die Flip-Flop 1 und 2 angeschlossenen Diodenmatrix gelangen an die Basisanschlüsse der nachgeschalteten Transistormatrix, während an die Emitteranschlüsse die vom Negator negierten Ausgangssignale der Diodenmatrix geführt werden. Durch die dezimal kodierte Steuerung der Transistormatrix hat jeweils nur ein Basisanschluß (Punkte j, k, l und m) H-Pegel und jeweils nur ein Emitteranschluß (Punkte n, o, p und q) L-Pegel (s. Bild 24.9). Daraus ergibt sich, daß in jedem Zeitpunkt nur ein Transistor der Matrix leitend ist und das Kollektorpotential L führt. Dieses Potential geht nach jeder HL-Flanke der Impulsfolge des Taktgenerators auf den in der Transistormatrix jeweils folgenden Transistor über, so daß sich an den Kollektoranschlüssen der Transistormatrix die für 4/4-Takte benötigten Impulse (Zeittakte) 1 bis 16 ergeben (die nicht benötigten Impulse 2, 6 und 10 ausgenommen). Diese Impulse werden durch die Kondensatoren 1 bis 16 der Transistormatrix in Verbindung mit den Widerständen 56 kΩ (Bild 24.10 oben rechts) differenziert. Die zur Steuerung der Schlaginstrumente aufgestellten Impulsfolgen können nun auf einfache Weise gebildet werden, indem die für einen Takt erforderlichen Impulse über Entkopplungsdioden abgegriffen und zusammengeschaltet werden (s. Bild 24.10).

An Hand der Tabelle 24.1. kann man in Bild 24.10 genau verfolgen, welche Zeittakte jeweils zur Bildung einer Impulsfolge für ein Instrument innerhalb einer bestimmten Taktart über die Dioden abgegriffen werden.

Da die Zeittakte 1 bis 16 (außer 2, 6 und 10) zur Verfügung stehen, lassen sich nach diesem Verfahren auf Wunsch auch andere Impulsfolgen zusammenstellen, indem das Diodengatter nach Bild 24.10 entsprechend geändert wird.

Eine Besonderheit sind die 3/4-Takt-Rhythmen, bei denen nur 12 Zeittakte erzeugt werden dürfen. Zu diesem Zweck wird der aus den Flip-Flop 3 und 4 gebildete Zähler mit Erreichen des 12. Zeittakts um 1 weitergeschaltet. Das ge-

schieht durch die Torschaltung mit D1 (Bild 24.9) für die differenzierten und negierten Impulse des Taktgenerators, die durch den nicht differenzierten Zeittakt 12 gesteuert wird.

Die differenzierten Impulse (Zeittakte) 1 bis 16 (bei 3/4-Takt 1 bis 12) liegen am Eingang des in Bild 24.10 dargestellten Diodengatters. Die Gatter bilden aus den negativen nadelförmigen Einzelimpulsen die für die Rhythmen benötigten Impulsfolgen zur Steuerung der einzelnen Schlaginstrumente (s. Taktschemen Tabelle 24.1.). Die Dioden des Gatters verhindern Verkopplungen. In Bild 24.10 sind unten die Rhythmenwahlschalter dargestellt, denen die gebildeten Impulsfolgen zugeführt werden. Durch Betätigen der Schalter gelangen die zugeordneten Impulsfolgen zu den einzelnen Schlaginstrumentenschaltungen. Jeder eintreffende Impuls löst einen Schlageffekt aus.

Ein Teil der Impulsfolgen wird durch das Umschaltnetzwerk (Bild 24.11) beeinflußt. Es dient der Bildung der Impulsfolgen für Rhythmen mit unterschiedlicher Gestaltung des jeweils 2. Taktes. In Bild 24.10 sind die Anschlüsse für das Umschaltnetzwerk gekennzeichnet. Die Umschaltung zwischen dem jeweils 1. und 2. Takt steuert die bistabile Kippstufe 5 des Taktgenerators. $\overline{Q}$ (Punkte L in Bild 24.9 und Bild 24.11) haben während des 1. Taktes nach dem Start H-Pegel, so daß die Dioden D1, D2, D4, D6 und D9 (Bild 24.11) leitend werden. Impulsfolgen, die an den Punkten 1, 2, 3, 4 und 7 liegen, gelangen daher an die zugehörigen Ausgänge 8, 9, 10, 11 und 12. Mit Beginn des 2. Taktes bekommt der Ausgang Q (Punkte K in Bild 24.9 und Bild 24.11) des bistabilen Multivibrators (Teiler 5 des Taktgenerators) H-Pegel, wodurch die Dioden 5, 7 und 10 öffnen und die Impulsfolgen von den Punkten 5 und 6 an die Ausgänge 10, 11 und 12 gelangen. Die im Umschaltnetzwerk vorhandenen Dioden D3, D8, D11, D13 und D14 werden zur Entkopplung benötigt.

Die Aufgabe der Rhythmenwahlschalter ist bereits genannt worden. Bei den 3/4-Rhythmen (Tasten „Slow Rock", „Walzer" und „Langsamer Walzer") wird der Impuls 12 zusätzlich von Punkt H (Bild 24.10) an Punkt E (Bild 24.9, Eingang der

Torschaltung) geschaltet. Mit dem Slow-Rock-Schalter läßt sich außerdem die Lampe La2 abschalten. Der Kondensator C201 (in Bild 24.10 unten gezeichnet) ist gegen eventuelle Verkopplungen in der Leitungsführung bestimmt.

In Bild 24.11b sind 2 monostabile Kippstufen gezeichnet, die die Anzeigelampen steuern. Die Kippstufen werden durch die HL-Flanken des 1. Zeittakts (Punkt C und D in Bild 24.10 und Bild 24.11) gesteuert. Die an die Basisanschlüsse von T1 und T3 (Bild 24.11) gelangenden negativen Impulse kippen den Schaltzustand der Multivibratoren für eine bestimmte Zeit (R17, R19 und C10 bzw. R21, R23 und C12) um. Während dieser Zeit leiten die Transistoren T2 und T4, so daß die Lampen La1 und La2, die in den Kollektorkreisen liegen, im Rhythmus aufleuchten.

Die Transistorstufe T5 (Bild 24.12) bewirkt die Unterdrükkung des Einschaltknackens. Im Einschaltmoment schließt T5 die Kollektorspannung der Stufen T6 und T7 des Ausgangsverstärkers (Bild 24.12) kurz. Mit zunehmender Aufladung des Elektrolytkondensators C13 (22 μF/25 V) wird der Transistor T5 zur Unterdrückung des Einschaltgeräusches gesperrt. Dadurch erhalten T6 und T7 des Ausgangsverstärkers wieder Kollektorspannung.

Bild 24.12 zeigt u. a. die Stromlaufpläne der Schlaginstrumentenschaltungen für die große Trommel, Bongo und Tom-Tom. Dabei handelt es sich im Prinzip um Phasenschiebergeneratoren, nur daß sie nicht fortwährend Schwingungen erzeugen. Deshalb ist es richtiger, von Verstärkerstufen mit einem Phasenschiebernetzwerk zu sprechen. Die Verstärkung läßt sich durch Einstellregler in der Weise einstellen, daß die Schaltungen jeweils kurz vor dem Schwingungseinsatz stehen. Gelangt über die Dioden am Eingang der Schaltungen ein Nadelimpuls zu den Netzwerken, dann werden die Schaltungen jeweils kurz zu einer gedämpften Schwingung angestoßen. Die Abklingzeit wird vor allem durch die eingestellte Verstärkung beeinflußt. Der Klangcharakter ergibt sich aus der Bemessung der Bauelemente im Phasenschiebernetzwerk (Schwingfrequenz) und im Auskopplungskreis (Durchlaßkurve). Daher weisen die Kondensatoren und Widerstände im

Phasenschiebernetzwerk z. B. bei der großen Trommel höhere Werte auf als beim Bongo.
Der Ausgangsverstärker nach Bild 24.12 besteht aus 2 galvanisch gekoppelten Transistorstufen. Der Grad der Gegenkopplung ist durch die Widerstände R35 und R37 festgelegt. Mit R38 läßt sich jedoch die Verstärkung ändern.
Am Eingang des Ausgangsverstärkers liegt der Gesamtlautstärkeregler. Die nichtgedrückte Starttaste legt die NF vor dem Lautstärkeregler an Masse, so daß kein Ausgangssignal vorhanden ist.
Die Schaltungen für die Kuhglocke und die Klanghölzer arbeiten nach dem gleichen Prinzip wie die beschriebene Schaltung der großen Trommel. Der Klang der Kuhglocke wird mit 3 Generatoren erzielt, die parallelgeschaltet sind und jeweils auf einer anderen Frequenz schwingen. Die in die Kollektorkreise geschalteten Heißleiter dienen der Temperaturkompensation. Aufwendiger sind die Schaltungen für Becken (Cymbal), High Hat (Charlestonmaschine) und die kleine Trommel. Die Stromlaufpläne sind ebenfalls aus Bild 24.12 zu ersehen.
Die Funktion der Schaltungen wird an der Beckenschaltung erläutert. T1 sperrt beim Eintreffen eines Nadelimpulses, worauf sich T2 öffnet. C2 lädt sich auf die Flußspannung der beiden Dioden D4 und D5 auf. R5 bestimmt die Entladezeit von C2 und gleichzeitig auch die Öffnungsdauer von T3 (MOSFET). Source und Drain von T3 haben über R7 und R8 gleiches Potential, das mit dem Einstellregler R6 eingestellt wird, so daß T3 im nicht angesteuerten Zustand gerade sperrt. D6 erzeugt das zum Klangspektrum gehörende Rauschen. Es handelt sich um einen npn-Transistor, dessen Emitter an positivem Potential liegt. Das Rauschen gelangt über C4, T3 und C5 zur Verstärkerstufe T4. Es folgten ein Hochpaß und eine mit T5 bestückte Filterschaltung. Der Einstellregler R21 wird in der Weise eingestellt, daß die Schaltung mit Sicherheit noch keinen Eigenschwingungseinsatz zeigt. Das beim Eintreffen des Auslöseimpulses entstehende Signal wird über C12 ausgekoppelt und dem Lautstärkeregler des Beckens zugeführt. Die Wirkungsweise der High-Hat-Schaltung entspricht der des Beckens, nur wird die Ladespannung von C15 (identisch

mit der Funktion von C2 in der Beckenschaltung) nicht durch Dioden begrenzt.
Bei der kleinen Trommel nach Bild 24.12 sperrt ein eintreffender Steuerimpuls T1. In der Folge öffnet sich T2 kurzzeitig. D4 begrenzt die Ladung von C2. Die Entladung von C2 geschieht über die Widerstände R6, R8 und R9. T3 ist während des Entladevorgangs eine Zeitlang geöffnet, so daß das von der Diode D5 eingespeiste Rauschen verstärkt wird. Das Rauschen und ein Teil der Steuerimpulsspannung werden von dem mit T4 zusammenwirkenden RC-Netzwerk in ihrem Frequenzspektrum zur Klangbildung beeinflußt.
Bei der Rumbarassel (Maracas) wird das Steuersignal mit den Dioden D6 bis D8 (Bild 24.10) gebildet. Die Dioden stellen mit R24 ein UND-Glied dar (D8 nur bei Beguine). Wird durch den Tastenschalter (Bild 24.10) der rechte Kontakt des Schaltschiebers 4 (Bossa Nova) geschlossen, so öffnet sich T5 der Maracas-Schaltung während des logischen H-Pegels (er wird aus Q und T des 1. Teilers des Taktgenerators gebildet). T5 verstärkt dann das Rauschen von D9. Der angeschlossene Hochpaß unterdrückt am Ausgang die niederfrequenteren Rauschanteile.
Bei Beguine wird über D8 (Bild 24.10) durch den Impuls 4 (Bild 24.9 Anschluß I) die Aussteuerung unterbrochen (s. a. Bild 24.10, Schalter Beguine, 1. Schaltkontakt von rechts).

24.3.2. Schlagzeug mit Akkordbegleitautomatik

Der schaltungstechnische Aufwand für die Bildung der Impulsfolgen zur automatischen Steuerung der einzelnen Schlaginstrumente eines Rhythmusgeräts ist nicht gering. Naheliegend war daher, die vorhandene Elektronik wenigstens teilweise auch für die automatische Wiedergabe von Begleitakkorden zu nutzen. Die ersten Rhythmusboxen mit Begleitakkordautomatik wurden schon vor einigen Jahren gebaut. Seitdem arbeitete man ständig an ihrer technischen Vervollkommnung. Da die Begleitakkorde in allen Tonarten zur Verfügung stehen müssen, kann der zusätzliche mechanische und schaltungstechnische Aufwand für diesen Geräteteil nicht unerwähnt

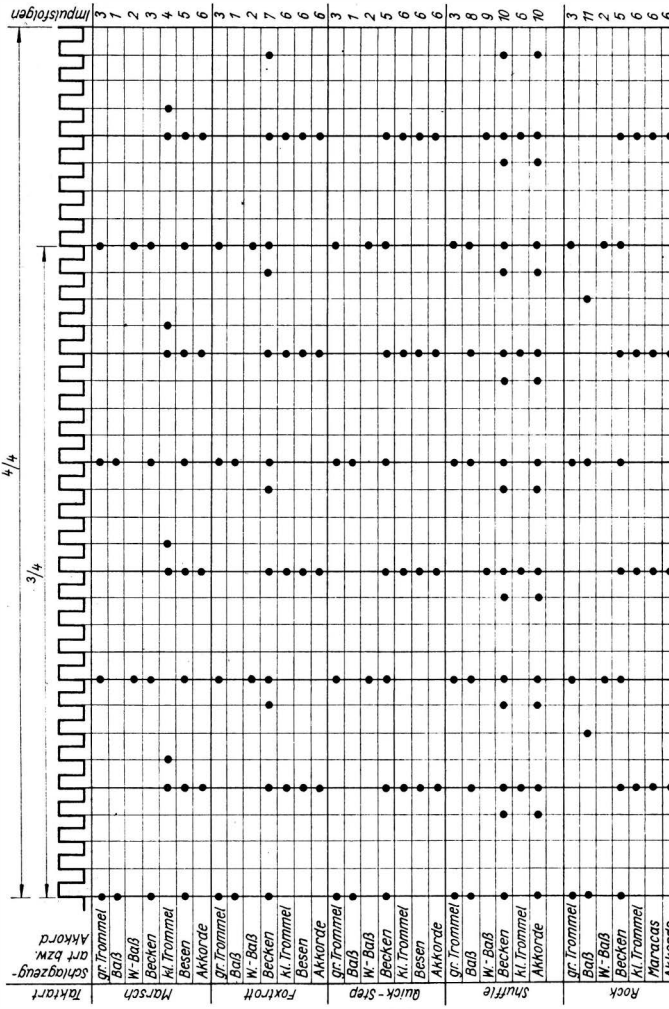
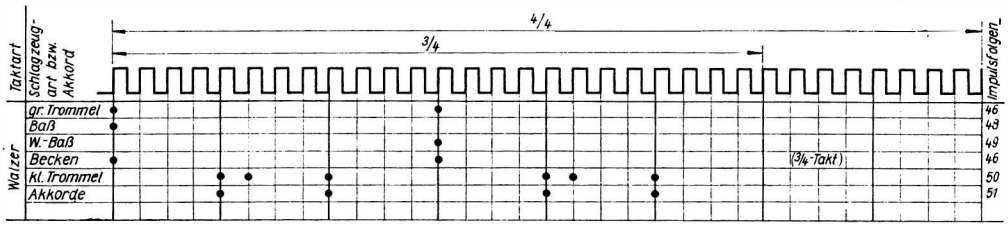


Tabelle 24.2. Taktschemen für unterschiedliche Rhythmen für den Akkordbegleitautomaten

Taktart
Schlagzeug-art bzw. Akkord
Impulsfolgen
4/4
3/4
beat
gr. Trommel
Baß
Becken
kl. Trommel
Akkorde
Tom - Tom
samba
gr. Trommel
Baß
W.-Baß
kl. Trommel
Akkorde
Tom - Tom
tango
gr. Trommel
Baß
Becken
kl. Trommel
Akkorde
beguine
gr. Trommel
Baß
W.-Baß
Becken
Holz
Maracas
Akkorde
cha - cha
gr. Trommel
Baß
Tom - Tom
Bongo
Maracas
Akkorde
12 12 11 13 14 12
3 1 2 16 15 1
17 17 5 18 19
20 3 9 21 22 21 24
25 25 25 26 23 27

Taktart
Schlagzeug-art bzw. Akkord
Impulsfolgen
4/4
3/4
Bossa Nova
gr. Trommel
Baß
Akkorde
Becken
Kl. Trommel
Mambo
gr. Trommel
Baß
Becken
Bongo
Maracas
Akkorde
Tom-Tom
Rumba
gr. Trommel
Baß
W.-Baß
Becken
Kl.Tr.,Tom-Tom
Akkorde
Holz
Habanera
gr. Trommel
Baß
Bongo
Holz
Maracas
Akkorde
Slow Rock
gr. Trommel
Baß
Becken
Kl. Trommel
Akkorde
28 12 30 28 29
3 31 32 33 23 34 33 35 11 36 37 38 39 40 41 42 43 23 40
44 44 45 46 47
(3/4-Takt)


Taktart
Schlagzeug-art bzw. Akkord
Impulsfolgen
4/4
3/4
Walzer
gr. Trommel
Baß
W.-Baß
Becken
kl. Trommel
Akkorde
(3/4-Takt)
46
48
49
46
50
51

Impuls-Folge Nr.		Impuls-Nr →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
1		4/4-Takt	1																17															
2		"									9																25							
3		"	1								9								17								25							
4		"					5	6							13	14							21	22							29	30		
5		"	1				5				9				13				17				21				25				29			
6		"					5								13								21								29			
7		"	1				5			8	9				13			16	17				21			24	25				29			32
8		"	1				5				9								17				21				25							
9		"													13																29			
10		"	1			4	5			8	9			12	13			16	17			20	21			24	25			28	29			32
11		"	1						7										17						23								
12		"	1						7		9								17						23		25							
13		"			3	4	5		7				11		13		15				19	20	21		23				27		29		31	
14		"					5		7														21		23									
15		"	1				5				9						15				19				23		25							
16		"	1				5				9		11		13		15				19				23		25		27		29		31	
17		"	1				5				9						15		17				21				25						31	
18		"	1	2			5		7		9				13		15		17	18			21		23		25				29		31	
19		"	1				5				9				13		15		17				21				25				29		31	
20		"	1								9				13				17								25				29			
21		"	1		3		5		7				11		13		15		17		19		21		23				27		29		31	
22		"	1		3	4	5		7						13				17		19	20	21		23						29			
23		"	1		3		5		7		9		11		13		15		17		19		21		23		25		27		29		31	
24		"			3				7				11				15				19				23				27				31	
25		"	1						7		9						15		17						23		25						31	
26		"	1		3	4	5				9				13		15		17		19		21		23		25		27		29		31	
27		"	1				5				9		11		13				17				21				25		27		29			
28		"	1								9						15				19				23		25				29			
29		"	1						7						13								21						27					
30		"	1				5						11						17				21		23				27					
31		"	1				5		7						13		15		17				21		23						29		31	
32		"	1				5				9		11		13		15		17				21		23				27		29		31	
33		"	1		3	4	5				9		11		13		15		17		19	20	21				25		27		29		31	
34		"			3								11								19								27					
35		"	1						7						13				17						23						29			
36		"	1												13																29			
37		"							7						13				17						23						29			
38		"			3		5				9		11				15				19		21				25		27				31	
39		"					5				9								17						23									
40		"	1		3				7		9				13				17		19				23		25				29			
41		"	1						7		9				13				17						23		25				29			
42		"									9		11														25		27					
43		"	1		3	4	5		7						13		15		17		19	20	21		23						29		31	
44		3/4-Takt	1									10			13																			
45		"	1			4	5		7		9		11		13			16	17		19		21		23									
46		"	1												13																			
47		"							7												19													
48		"	1																															
49		"													13																			
50		"					5	6			9								17	18			21											
51		"					5				9								17				21											

Tabelle 24.3. Impulsfolgen für den Akkordbegleitautomaten

bleiben. Für die Auslösung der Begleittöne bzw. Akkorde kommen wie bei der Steuerung der Schlaginstrumenteneinsätze kurze Gleichspannungsstöße (positive Nadelimpulsfolgen) zur Anwendung, die ebenfalls vom Taktgenerator abgeleitet werden.

Beim Entwurf des nachfolgend beschriebenen Selbstbaugeräts wurden zunächst aus den Notenbildern die Taktschemen für die verschiedenen Rhythmen abgeleitet und in die Tabelle 24.2. eingetragen (s. a. Abschnitt 23.). Die Schemen enthalten die Baß-, Wechselbaß- und Begleitakkordeinsätze. Die ursprünglich aufgestellten Taktschemen erfuhren gegenüber dem Notenbild beim Entwurf der Matrixschaltung nach Abschnitt 23. zur Vereinfachung noch geringfügige Änderungen, um die für die Matrizen benötigte Bauelementeanzahl zu verringern. In Tabelle 24.3. sind alle in Tabelle 24.2. vorkommenden und numerierten Impulsfolgen der Reihe nach aufgeführt. Tabelle 24.3. eignet sich besonders zur Überprüfung der vom Diodengatter (Bild 24.16) gelieferten Impulsfolgen.

Bild 24.14 zeigt den Übersichtsschaltplan des Rhythmusgeräts. Der Taktgenerator ist nach Bild 24.15 aufgebaut. Zwischen den Ausgängen des Taktgenerators und den Eingängen der Matrixschaltung befinden sich Impedanzwandlerstufen, die eine zu starke Belastung des Taktgenerators bzw. der Teilerstufen durch die Matrixschaltung verhindern. Dadurch ist ein stabiles Arbeiten des Taktgenerators gewährleistet.

Bild 24.16 (s. Faltbeilage) zeigt die Matrix- und Gatterschaltungen zur Impulsfolgebildung, Bild 24.17 (s. Faltbeilage) den Schaltersatz und die Impulsverstärkerstufen und Bild 24.18 (s. Faltbeilage) die Stromlaufpläne der Schlaginstrumente u. a. Außer dem Schaltungsteil für die Akkordbegleitautomatik enthält das Rhythmusgerät gegenüber anderen keine Besonderheiten. Deshalb soll an dieser Stelle nur noch dieser Gerätekomplex näher erläutert werden.

12 Muttergeneratoren und eine Reihe bistabiler Frequenzteilerstufen erzeugen die für die Begleittöne bzw. Begleitakkorde benötigten Tonfrequenzen. Soll das Gerät an eine elektronische Orgel oder an ein Elektronik-Piano angeschlossen werden, dann können die Muttergeneratoren entfallen, da

Bild 24.14 Übersichtsschaltplan des Schlagzeugs mit Akkordbegleitautomatik

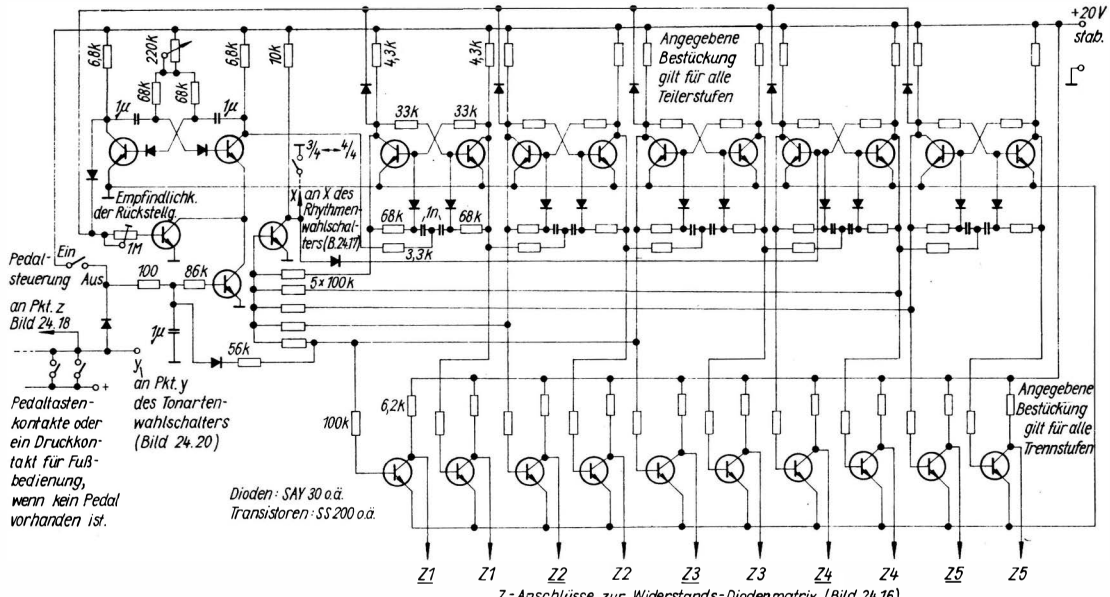


Bild 24.15 Taktgenerator mit Impedanzwandlerstufen

man die Frequenzen der Töne c^3 bis h^3 dem Generatorsatz des jeweiligen Musikinstruments entnehmen kann. Das hat den Vorteil, daß keine Verstimmungen zwischen dem Instrument und dem Begleitautomat auftreten können.

Die Tonfrequenzen c^3 bis h^3 gelangen nach Bild 24.19 zuerst zu 12 Tonartwahlschaltern (entsprechend den 12 Tönen einer Oktave). An der Schaltkammer „c" liegen nach Bild 24.20 für die C-Dur-Begleitung als Grundton der Ton c^3, die Terz e^3 und die Quinte g^3. Außerdem liegt an einem Kontakt dis^3. Dieser Ton wird bei C-Moll-Begleitakkorden an Stelle von e^3 durch einen Dur-Moll-Umschalter eingeschaltet. An einem weiteren Kontakt liegt der Ton fis^3, der die Wiedergabe eines verminderten Akkords mit einem entsprechenden Umschalter ermöglicht.

Damit können alle Dur- und Moll-Tonarten sowie verminderte

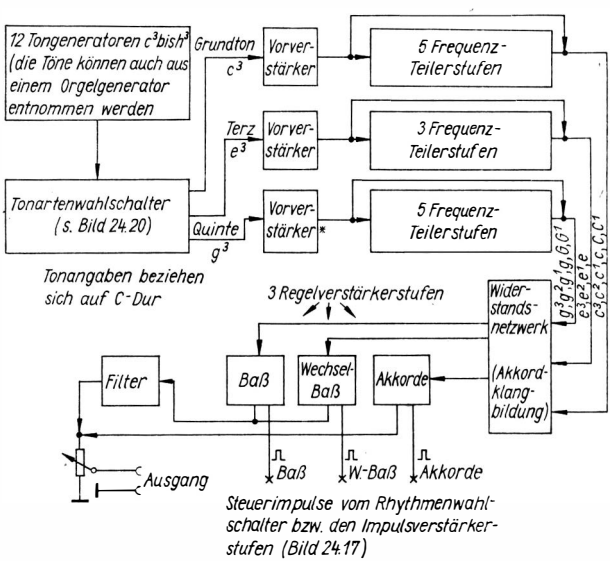


Bild 24.19 Übersichtsschaltplan der Akkordbegleitautomatik

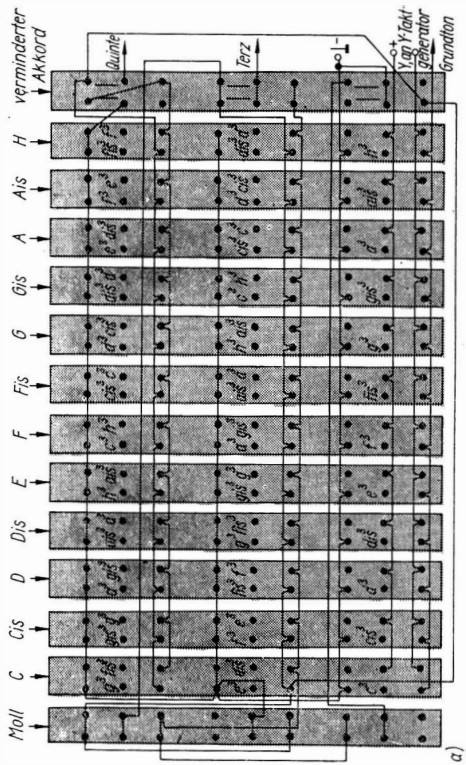
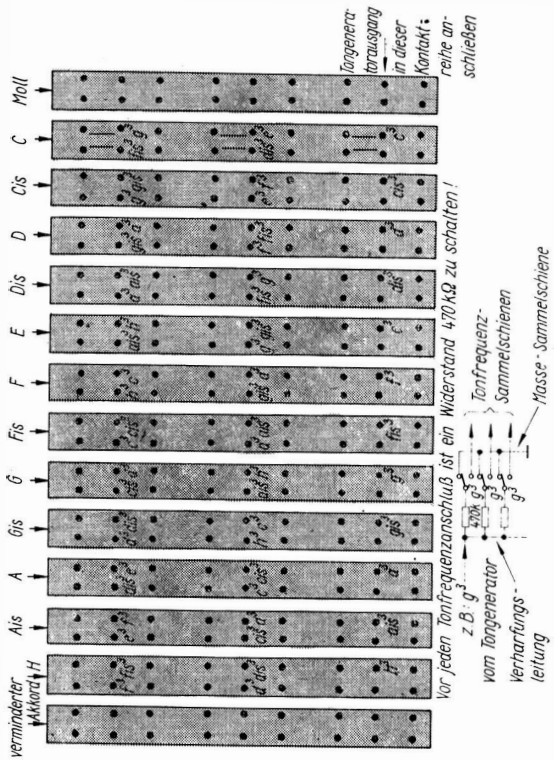


Bild 24. 20 Schalteraggregat für die Tonartenwahl der Begleitakkorde

Akkorde wiedergegeben werden. Der Kontaktsatz zur Tonartenwahl schaltet also z. B. bei C-Dur-Begleitung die Töne c^3, e^3 und g^3, bei C-Moll-Begleitung die Töne c^3, cis^3 und g^3 und bei verminderten Akkorden die Töne c^3, dis^3 und fis^3 weiter.

Zur Bildung der Baßbegleitakkorde werden vor allem die Töne tieferer Oktavlagen benötigt. Die vorgesehenen Fre-



quenzteiler liefern diese Töne. Für den Grundton, die Terz und die Quinte ist je eine Teilerkaskade vorhanden. Bezogen auf die *C-Tonarten*, werden der Grundton bis C_1, die Terz bis e bzw. dis und die Quinte bis G_1 bzw. Fis_1 heruntergeteilt.

Ein Widerstandsnetzwerk (Bild 24.21, s. Faltbeilage) dient der Zusammenführung der einzelnen Tonfrequenzen zur Baß- und Begleitakkordbildung.

Die auf diese Weise gebildeten Baß-, Wechselbaß- und Begleitakkorde liegen getrennt an den Eingängen von NF-Tor-

schaltungen. Beim Eintreffen der nadelförmigen Steuerimpulse öffnen sich die sonst gesperrten NF-Torschaltungen perkussionsartig und lassen die Tonfrequenzen der Bässe, Wechselbässe und Akkorde zum Ausgang gelangen. Da die Torschaltungen mit den vom Taktgeber bzw. den Gattern gebildeten Impulsfolgen gesteuert werden, erklingen die Baß-, Wechselbaß- und Begleitakkorde zu bestimmten Zeitpunkten entsprechend der jeweils eingeschalteten Rhythmusart.

Je nach Verwendungszweck wird das Gerät an einen Endverstärker mit Lautsprecherbox oder an den Verstärker eines vorhandenen elektronischen Musikinstruments mit angeschlossen. Die Verstärkeranlage sollte Hi-Fi-Qualität haben, um vor allem die hohen Frequenzanteile der Schlaginstrumente ausreichend brillant wiedergeben zu können. Dazu sind z. B. auch Hochtonlautsprecher unentbehrlich.

An Stelle der NF-Torschaltungen können die Baß-, Wechselbaß- und Begleitakkordeinsätze auch mit Hilfe fotoelektrischer Schaltungen realisiert werden (s. Bild 24.21 links unten). Die Lampen leuchten im Rhythmus der eintreffenden Steuerimpulsfolgen auf, so daß die Tonfrequenzen bei jedem Aufblitzen der Lampen über die Fotowiderstände zum Ausgang gelangen (lichtdichte Kapselung der Kombinationen Lampe - Fotowiderstand erforderlich). Es ergeben sich weiche Toneinsätze, verbunden mit einem angenehmen Verklingen der Akkorde.

Die Klangformung für die Bässe, Wechselbässe und Begleitakkorde wurde in der Schaltung nach Bild 24.21 einfach ausgeführt (RC-Siebglieder zur Bildung sinusförmiger Tonfrequenzen). Besonders für die Bässe und Wechselbässe können auch LC-Filter verwendet werden, wenn ihr Klang nicht befriedigt. Beim Mustergerät war das nicht erforderlich.

Schlußbetrachtungen

Die in den Abschnitten 24.3. bis 24.3.2. beschriebenen Geräte gestatten es, zwischen relativ vielen Rhythmusarten auszuwählen. Wer beispielsweise nur Beat- oder Soulrhythmen benötigt, kann die Gatter- bzw. Matrixschaltungen (Bild 24.10 und Bild 24.16) vereinfachen und Dioden einsparen, indem die Impulsfolgen für die übrigen Rhythmen herausgenommen werden.

In die Mustergeräte wurden noch keine Mehrfachdioden oder IS eingebaut. In den Gattern bietet sich der Einsatz von Zweifach- bis Fünffachdioden an, und IS wie *P 193*, *P200*, *P 210* u. a. stehen für die Taktgeneratoren bzw. Teilerstufen zur Verfügung. Amateuren, die z. B. leichte transportable Geräte bauen möchten, wird es möglich sein, die Vorteile der Miniaturisierung durch IS zu nutzen. Bis zur Zeit gibt es in der DDR dafür zwar kein Vorbild, denn die Musikinstrumentenindustrie liefert ihre Rhythmusgeräte noch diskret geschaltet aus; aber Anhaltspunkte zur Ausführung der Schaltungen für Rhythmusgeräte mit IS findet man z. B. in Bauanleitungen für Digitaluhren oder andere impulsgesteuerte Geräte. Die in Vorbereitung befindlichen weiteren Veröffentlichungen über musikelektronische Geräte und Instrumente werden auch mit IS aufgebaute Baugruppen enthalten.

Die für den Selbstbau größerer Rhythmusgeräte vorgesehenen Bauelemente sollten unbedingt einer funktionellen Vorprüfung unterzogen werden. Wichtig ist es z. B., das Sperr- und Durchlaßverhalten der Dioden zu messen. Fehlerhafte Bauelemente können in den komplizierteren Schaltungen beim Beleben der Baugruppen und Geräte viel Ärger und Schwierigkeiten verursachen. Außerdem muß man beim Aufbau der Geräte sehr gewissenhaft arbeiten und die Lötstellen bzw. die Verdrahtung nach Stromlaufplan kontrollieren.

Die Inbetriebnahme der fertiggestellten Geräte wird möglichst baugruppenweise vorgenommen. Eine Vorprüfung der Bau-

gruppen ist dabei ebenfalls von Vorteil. Zuerst wird der Stromversorgungsteil gemessen. Spannungsabweichungen bis 1 V sind nicht kritisch. Die weiteren Arbeiten erstrecken sich auf die stufenweise Überprüfung des Taktgenerators einschließlich der Teilerstufen, des Startverhaltens, der Rückstellfunktion und der Taktumschaltung von 4/4- auf 3/4-Takt. Dann sind die Trennverstärkerstufen, die Matrix- und Gatterschaltungen, die Impulsbegrenzer- bzw. Impulsverstärkerstufen, die Tastenschalter usw. nacheinander und ihr Zusammenwirken mit den einzelnen Baugruppen zu prüfen.

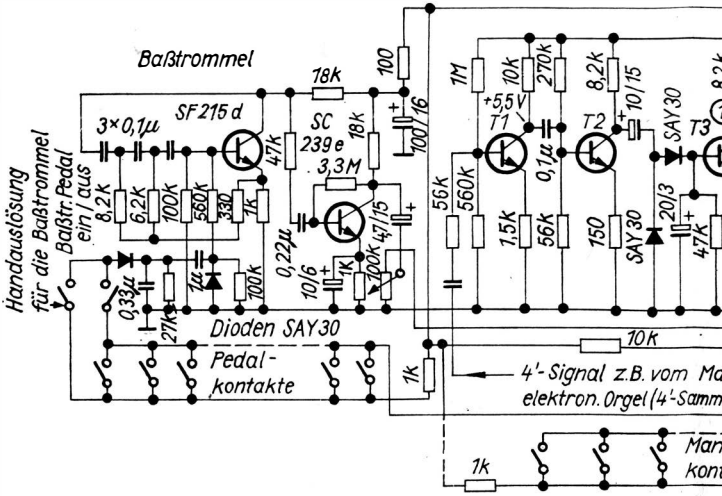
Die Schaltungen für die Schlaginstrumente (Klanggeneratoren, Kurztongeneratoren) lassen sich ebenfalls ohne großen Aufwand mit Hilfe eines Verstärkers erproben. Der Verstärker muß jedoch einen empfindlichen Vorstufeneingang haben. Man führt den Steuereingängen der Generatoren je nach ihrer Schaltungsart positive oder negative Auslöseimpulse zu. Das geschieht am einfachsten durch Antippen der Eingänge mit einem Prüfkabel, das an positives bzw. negatives Potential angeschlossen wurde.

Die in den Mustergeräten eingesetzten Schaltungen erwiesen sich als funktions- und nachbausicher. Durch die Verdrahtung u. ä. kann es bei den fertiggestellten Geräten passieren, daß z. B. Steuerimpulse in die NF-Stufen eingestreut oder -gekoppelt werden. Bei der Erprobung des Akkordbegleitautomaten gelangten z. B. die Lampensteuerimpulse über die Plusleitung in den NF-Kanal der Schlaginstrumente und wurden vom Lautsprecher deutlich wiedergegeben. Dieser Effekt konnte durch den Einbau einer kleinen Drossel mit EI-Eisenkern, die in die Pluszuleitung zum Automaten geschaltet wurde, behoben werden.

Bisweilen kann auch die Synchronisation der jeweils ersten Frequenzteilerstufen im Begleitautomaten (Grundton, Terz und Quinte) Schwierigkeiten bereiten. Das hängt vom Wert der Ausgangsspannungen der Muttergeneratoren c^3 bis h^3 und ihren Spannungskurvenformen ab. Mit den vorgesehenen Lautstärke-Trimmreglern an den Eingängen der Tonfrequenzverstärkerstufen, die sich zwischen den Tonartwahlschaltern und den Teilerstufen befinden, läßt sich jedoch in

fast allen Fällen eine stabile Synchronisation der Teiler, ohne die Schaltungen ändern zu müssen, einstellen.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß beim Selbstbau großer und komplizierter Rhythmusautomaten verschiedenartige unvorhersehbare Fehler auftreten können. Mit den Erfahrungen, die man schon beim Aufbau und bei der Ersterprobung der Baugruppen und Gerätekomplexe sammelt, gelingt es in der Regel, die Ursachen von Fehlfunktionen zu erkennen. Trotzdem oder gerade deshalb ist der Eigenbau eines größeren Rhythmusgeräts eine lehrreiche und interessante Freizeitbeschäftigung, durch die der Amateur ein interessantes Anwendungsgebiet der Impulstechnik kennenlernen kann.


Baßtrommel
Handauslösung für die Baßtrommel
Baßtr. Pedal ein / aus
3×0,1µ
SF 215 d
8,2k
6,2k
100k
560k
330
1k
47k
18k
SC 239 e
3,3M
0,22µ
10/6
1k
100k
47/15
100
100/16
0,33µ
27k
1µ
100k
Dioden SAY30
Pedal-kontakte
1k
1M
10k
270k
+5,5V
T1
0,1µ
56k
560k
1,5k
56k
T2
8,2k
10/15
150
SAY30
20/3
47k
SAY30
T3
10k
4'-Signal z.B. vom Ma
elektron. Orgel (4'-Samm
1k
Man
kont
Spannungen mit Instr. 20 kΩ
gemessen > 10 V im Bereich
≦ 10 V im Bereich

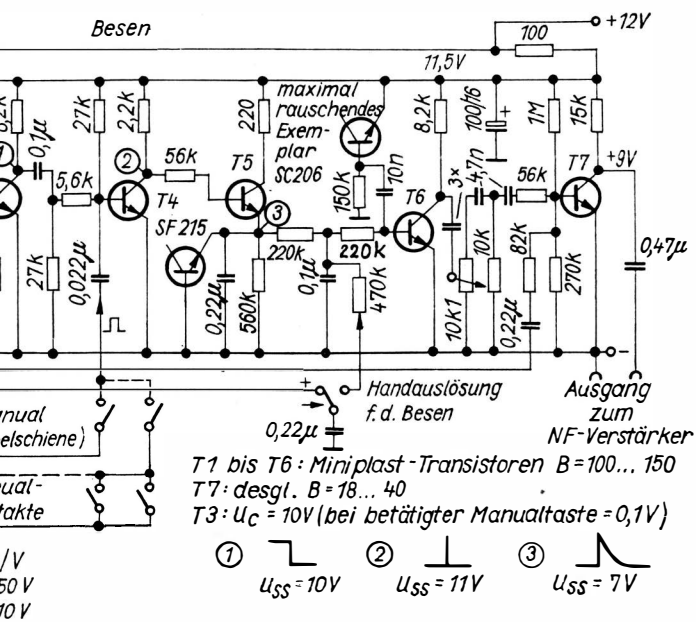
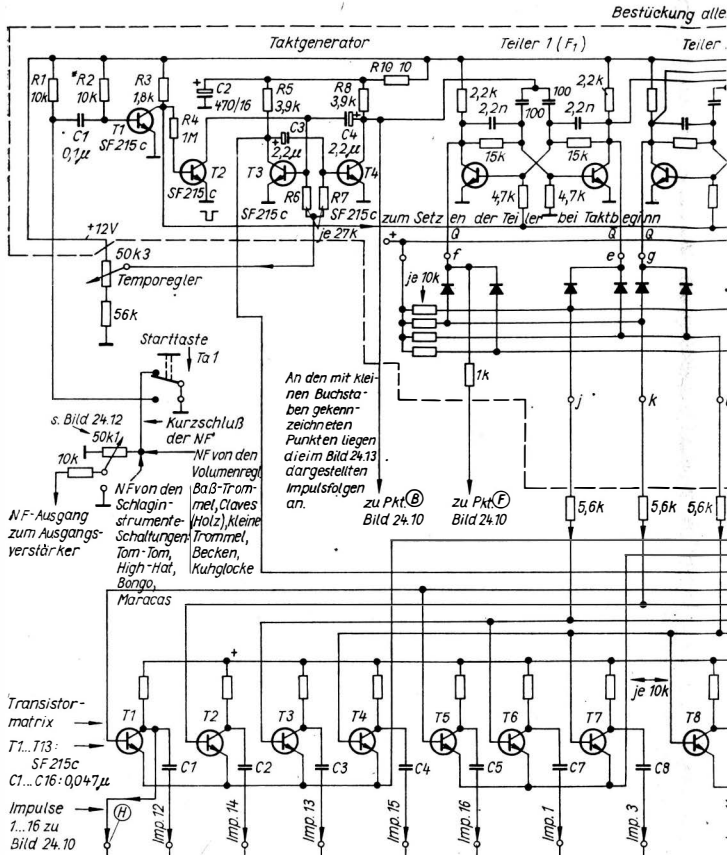


Bild 24.3 Stromlaufplan eines Rhythmusgeräts für Baßtrommel und Besen, z. B. zum Einbau in elektronische Orgeln


Bestückung alle
Taktgenerator
Teiler 1 (F_1)
Teiler
R1 10k
R2 10k
R3 1,8k
C1 0,1µ
T1 SF 215 c
C2 470/16
R4 1M
T2 SF 215 c
R5 3,9k
C3 2,2µ
T3 SF 215 c
R8 3,9k
C4 2,2µ
T4 SF 215 c
R6
R7
SF 215 c
R10 10
je 27k
2,2k
2,2n
100
15k
4,7k
zum Setzen der Teiler bei Taktbeginn
+12V
50k3
Temporegler
56k
Starttaste
Ta 1
s. Bild 24.12
Kurzschluß der NF
50k
10k
NF von den Volumenregl.
NF-Ausgang zum Ausgangsverstärker
NF von den Schlagin-strumente-Schaltungen: Baß-Trommel, Claves (Holz), kleine Trommel, Becken, Kuhglocke
Tom-Tom, High-Hat, Bongo, Maracas
An den mit kleinen Buchstaben gekennzeichneten Punkten liegen die im Bild 24.13 dargestellten Impulsfolgen an.
je 10k
1k
zu Pkt Ⓑ Bild 24.10
zu Pkt Ⓕ Bild 24.10
5,6k
Transistor-matrix
T1...T13: SF 215c
C1...C16: 0,047µ
C1
C2
C3
C4
C5
C7
C8
Impulse 1...16 zu Bild 24.10
Ⓗ
Imp. 12
Imp. 14
Imp. 13
Imp. 15
Imp. 16
Imp. 1
Imp. 3
zu Bild 24.10 Anschluß Ⓗ

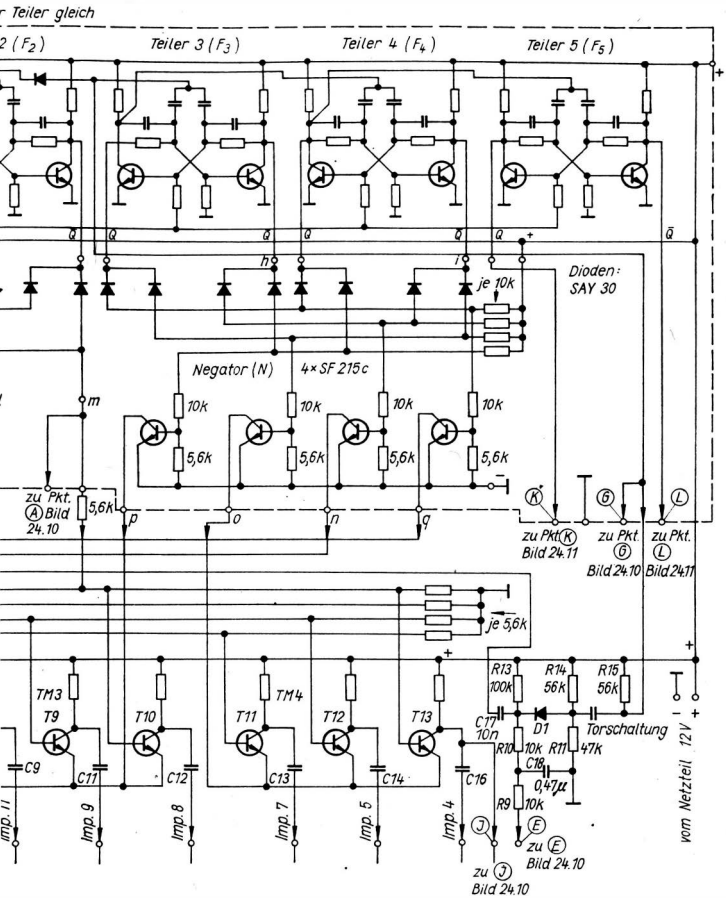


Bild 24.9 Schaltungskomplex Taktgenerator und Matrizen zur Gewinnung der Zeittakte (Impulse 1 bis 16)

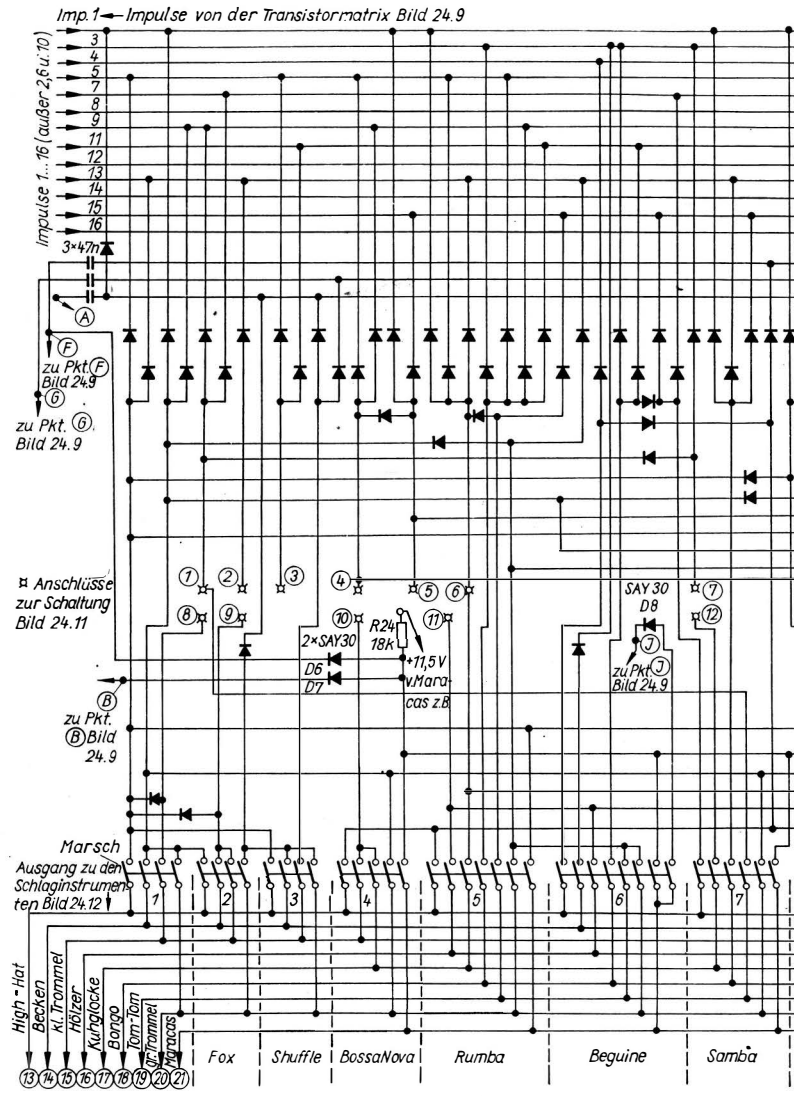
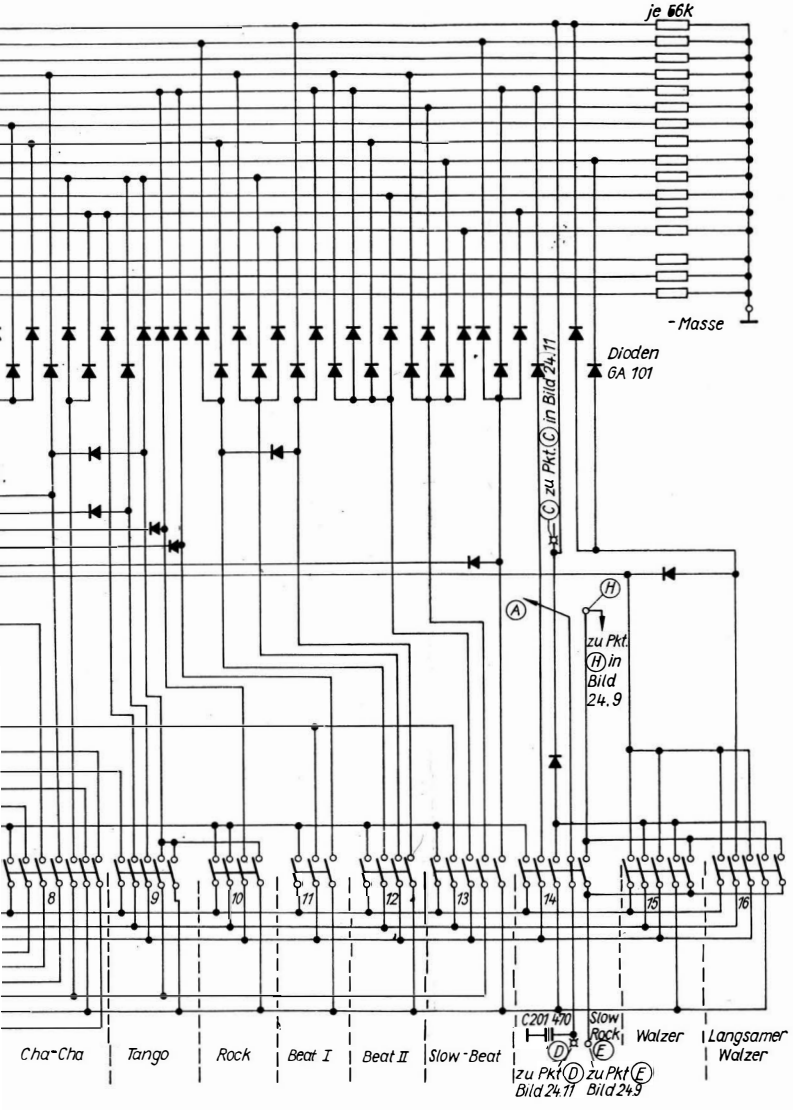
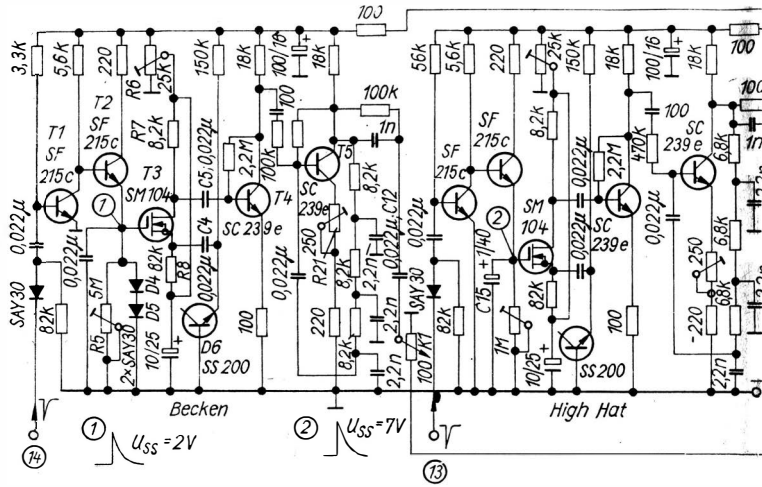
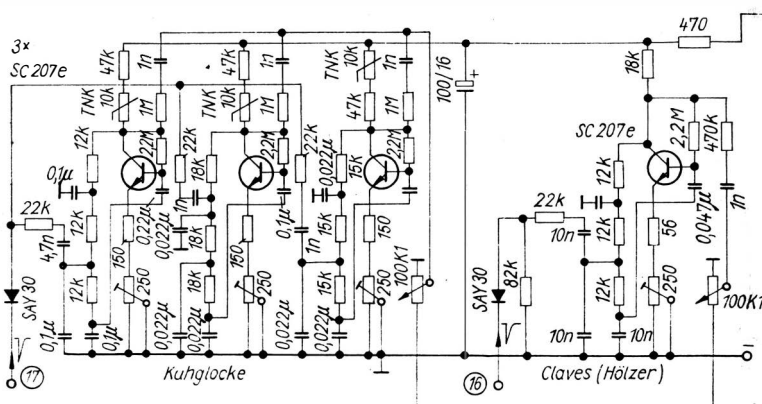


Bild 24.10 Diodengatter zur Impulsfolgebildung und Rhythmenwahlschalter


je 66k
- Masse
Dioden GA 101
C zu Pkt. C in Bild 24.11
A
H
zu Pkt. H in Bild 24.9
8
9
10
11
12
13
14
15
16
C201 470
D
E
Slow Rock
Walzer
Langsamer Walzer
Cha-Cha
Tango
Rock
Beat I
Beat II
Slow-Beat
zu Pkt D Bild 24.11
zu Pkt E Bild 24.9





⑬ bis ㉑ Steuerimpulse vom Tastensa
Bild 24.10 (Ausgang ⑬ bis

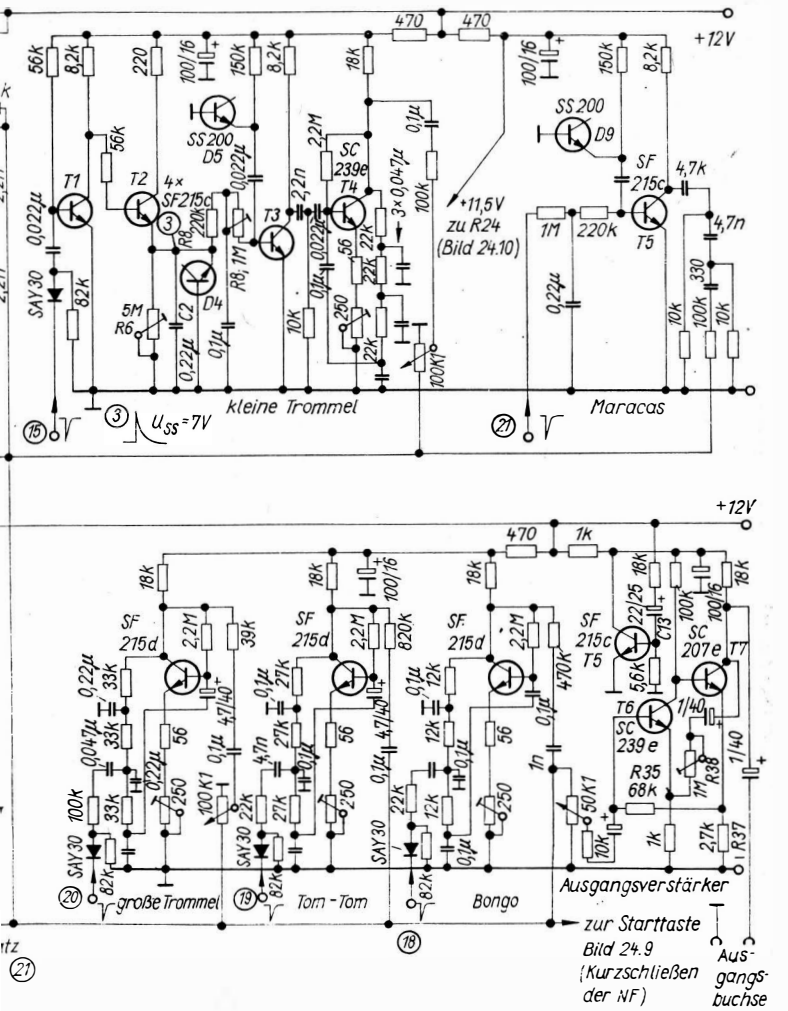


Bild 24.12 Schlaginstrumentenschaltungen, Einschaltknackunterdrückung und Ausgangsverstärker

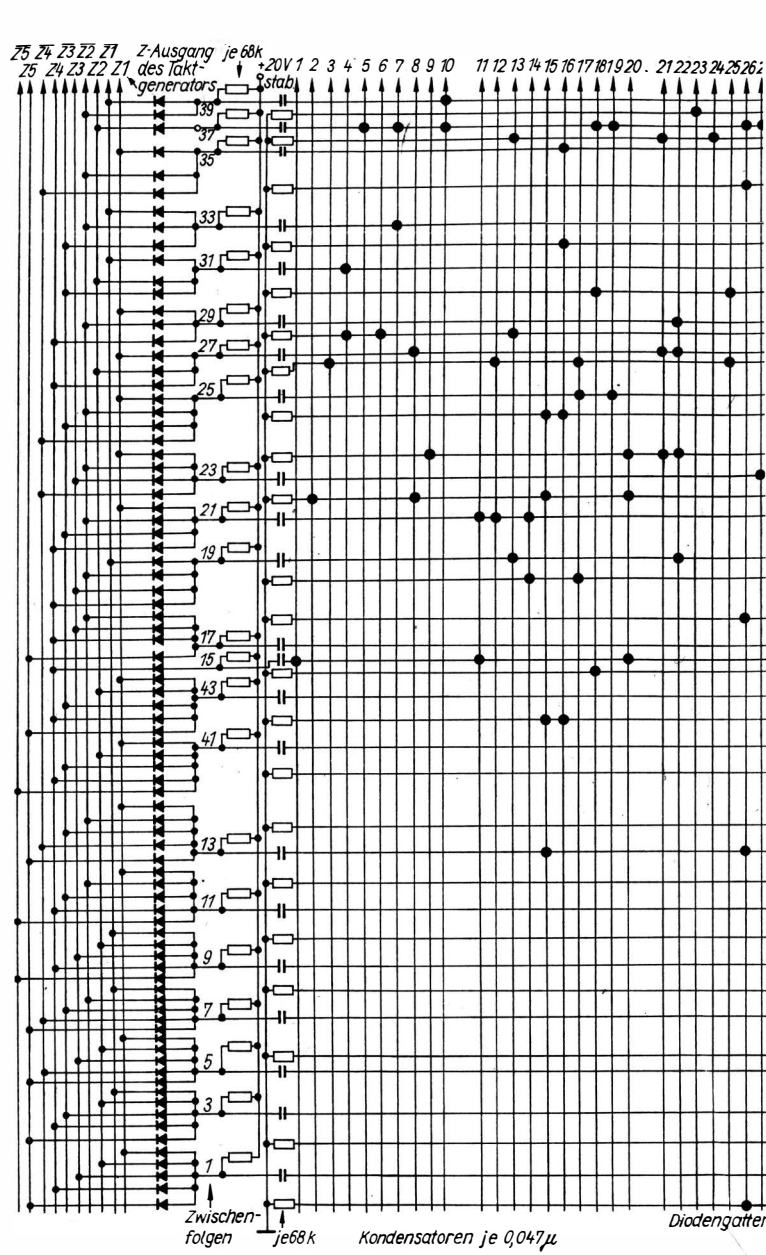
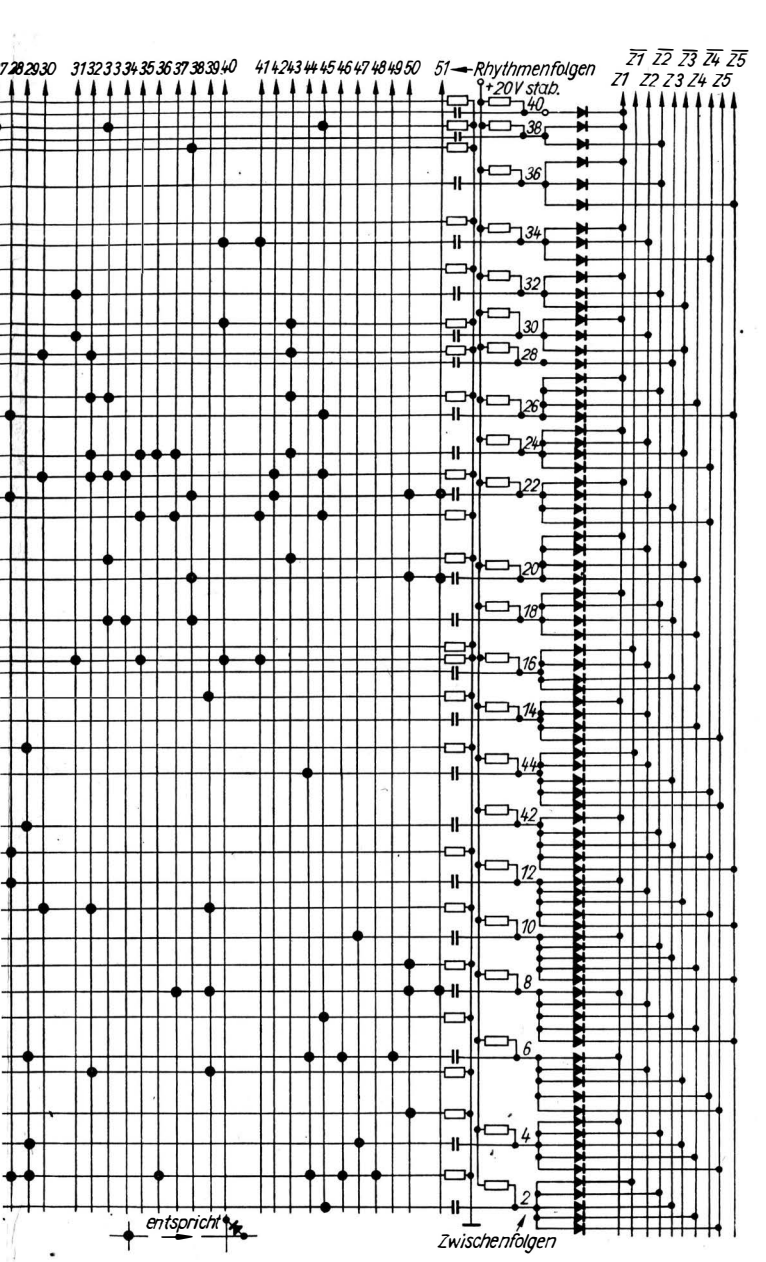
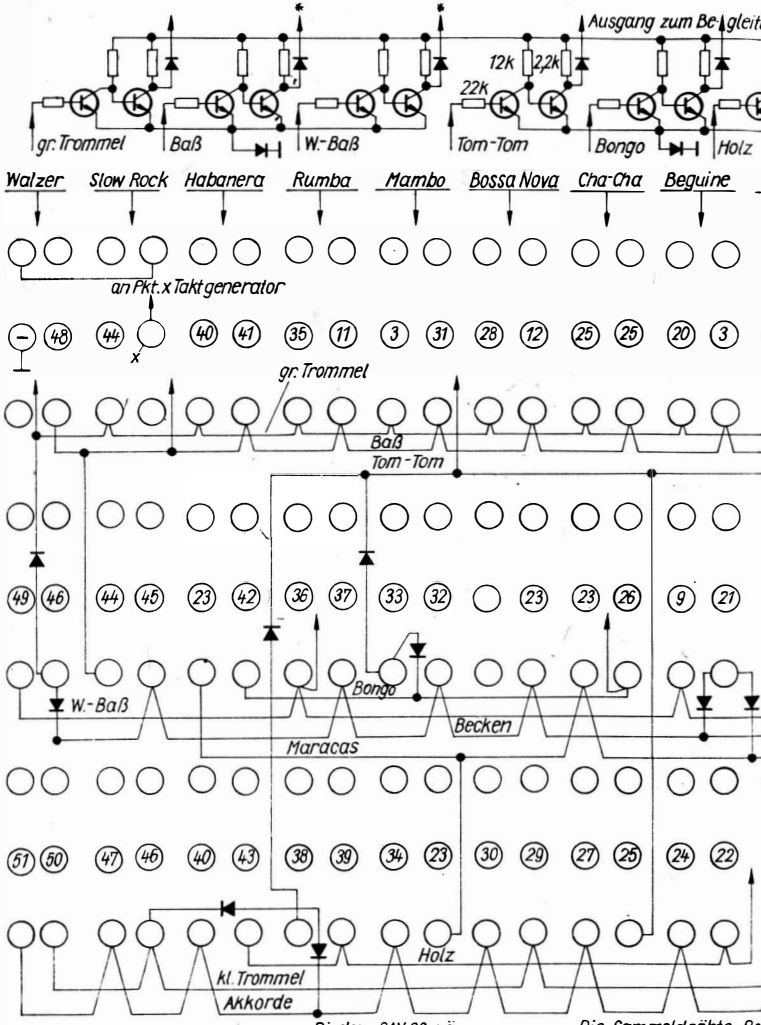


Bild 24.16 Matrix- und Gatterschaltungen zur Impulsfolgebildung (einschließlich der Impulse für die Steuerung der Akkordbegleitung)


7 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 ← Rhythmenfolgen
+20V stab.
Z1 Z2 Z3 Z4 Z5
Z1 Z2 Z3 Z4 Z5
40
38
36
34
32
30
28
26
24
22
20
18
16
14
44
42
12
10
8
6
4
2
entspricht
Zwischenfolgen



Dioden: SAY 30 o.ä.
Transistoren: SC206 o.ä.
(50 < β < 100)

Die Sammeldrähte Ba
führen an die Verstä
(im Bild oben)

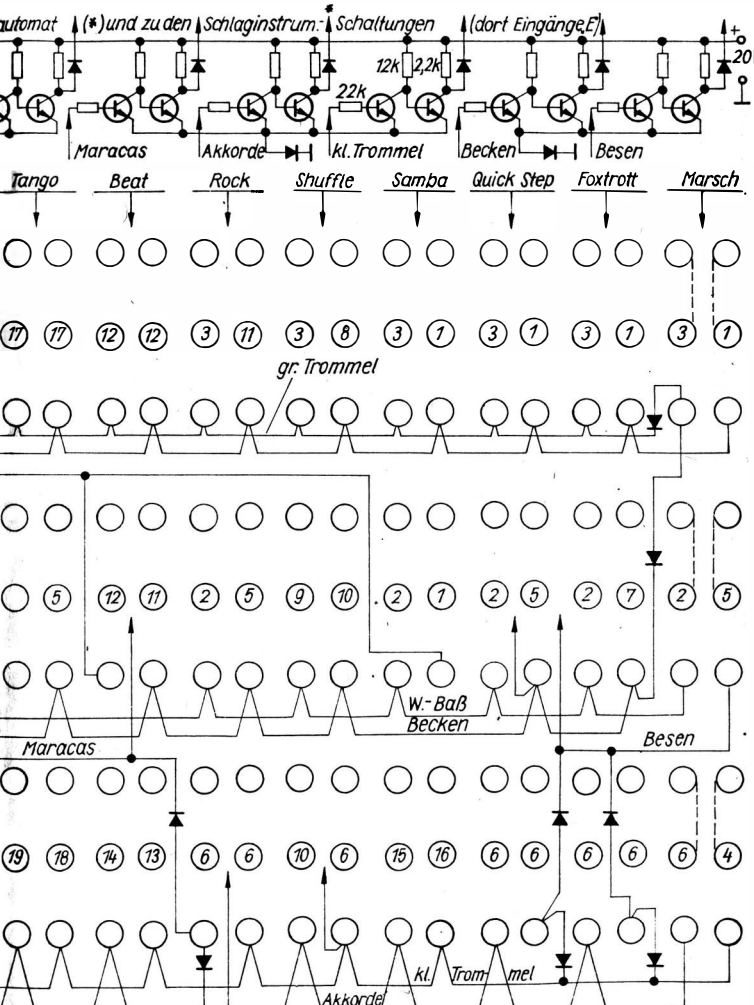
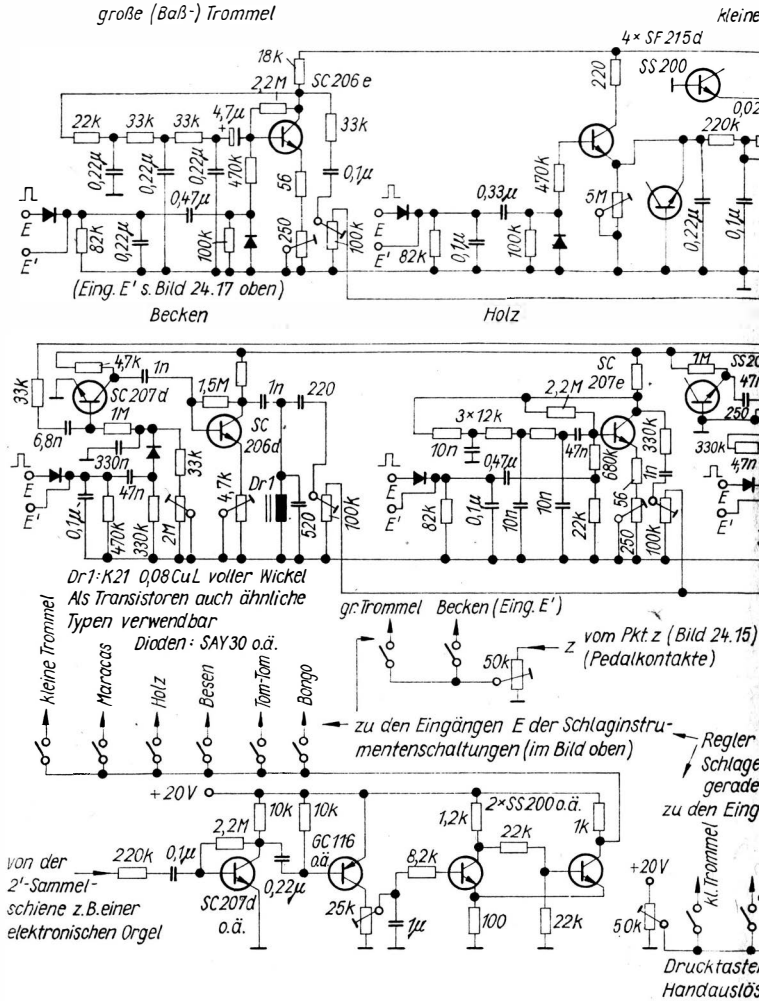


Bild 24.17 Anschluß der Rhythmenwahlschalter und Impulsverstärkerstufen


große (Baß-) Trommel
kleine
4× SF 215d
18K
2,2M
SC 206 e
SS 200
22k
33k
33k
4,7µ
33k
220
0,02
220k
0,22µ
0,22µ
0,22µ
470k
56
0,1µ
470k
0,47µ
0,33µ
5M
E
E'
82k
0,22µ
100k
250
100k
0,1µ
100k
0,22µ
0,1µ
(Eing. E' s. Bild 24.17 oben)
Becken
Holz
4,7k
1n
33k
SC 207d
1,5M
1n
220
1M
6,8n
SC
206d
330n
47n
33k
4,7k
Dr1
520
100k
0,1µ
470k
330k
2M
SC
207e
2,2M
3×12k
10n
0,47µ
47n
680k
330k
1n
56
250
100k
82k
0,1µ
10n
10n
22k
1M
330k
4,7n
Dr1: K21 0,08 CuL voller Wickel
Als Transistoren auch ähnliche
Typen verwendbar
Dioden: SAY 30 o.ä.
gr. Trommel
Becken (Eing. E')
50k
z
vom Pkt. z (Bild 24.15)
(Pedalkontakte)
kleine Trommel
Maracas
Holz
Besen
Tom-Tom
Bongo
zu den Eingängen E der Schlaginstrumentenschaltungen (im Bild oben)
Regler
Schlage
gerade
zu den Eing
+20V
10k
10k
2,2M
2×SS 200 o.ä.
1,2k
22k
1k
von der
2'-Sammel-
schiene z.B. einer
elektronischen Orgel
220k
0,1µ
GC 116
o.ä.
8,2k
+20V
kl. Trommel
SC 207d
o.ä.
0,22µ
25k
1µ
100
22k
50k
Drucktaste
Handauslös

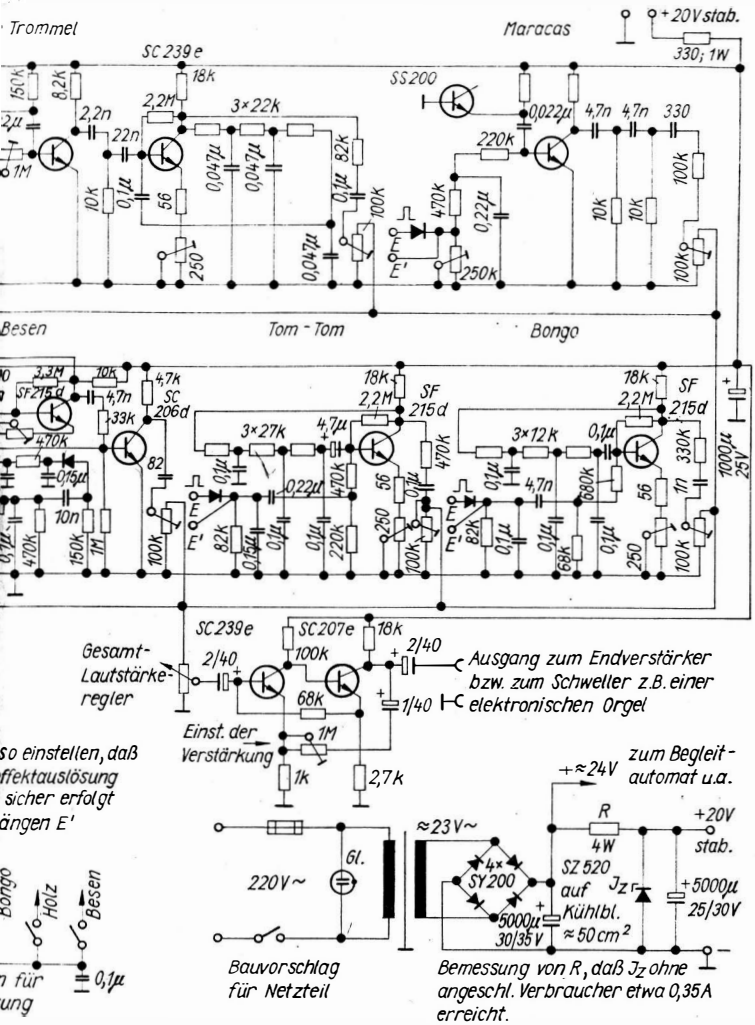
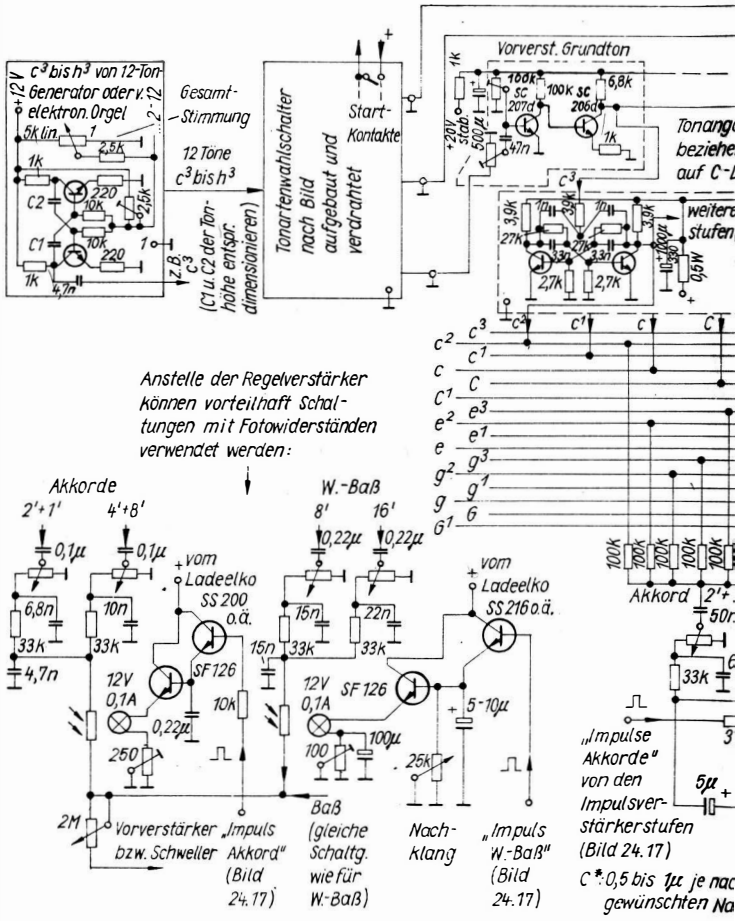


Bild 24.18 Stromlaufpläne der Schlaginstrumente, des Netzteils und der zusätzlichen Steuereinrichtungen



c³ bis h³ von 12-Ton-Generator oder v. elektron. Orgel
+12 V
5k lin.
2-12
Gesamt-Stimmung
12 Töne c³ bis h³
Tonartenwahlschalter nach Bild aufgebaut und verdrahtet
Start-Kontakte
Vorverst. Grundton
+20V stab.
500µ
100k SC 207d
100k SC 206d
6,8k
47n
Tonang
beziehe
auf C-
weitere
stufen
3,9k
27k
2,7k
3,3k
1000µ
330
0,5W
Anstelle der Regelverstärker können vorteilhaft Schaltungen mit Fotowiderständen verwendet werden:
Akkorde
2'+1'
4'+8'
0,1µ
6,8n
10n
33k
4,7n
vom Ladeelko SS 200 o.ä.
SF 126
12V 0,1A
0,22µ
250
10k
W.-Baß
8'
16'
0,22µ
15n
22n
vom Ladeelko SS 216 o.ä.
5-10µ
100µ
100
25k
2M
Vorverstärker bzw. Schweller
„Impuls Akkord" (Bild 24.17)
Baß (gleiche Schaltg. wie für W.-Baß)
Nachklang
„Impuls W.-Baß" (Bild 24.17)
Akkord
2'+
50n
33k
„Impulse Akkorde" von den Impulsverstärkerstufen (Bild 24.17)
5µ
C*: 0,5 bis 1µ je nac
gewünschten Na
Leitungen zu den
abschirmen, 100k
muß Tonfrequenz

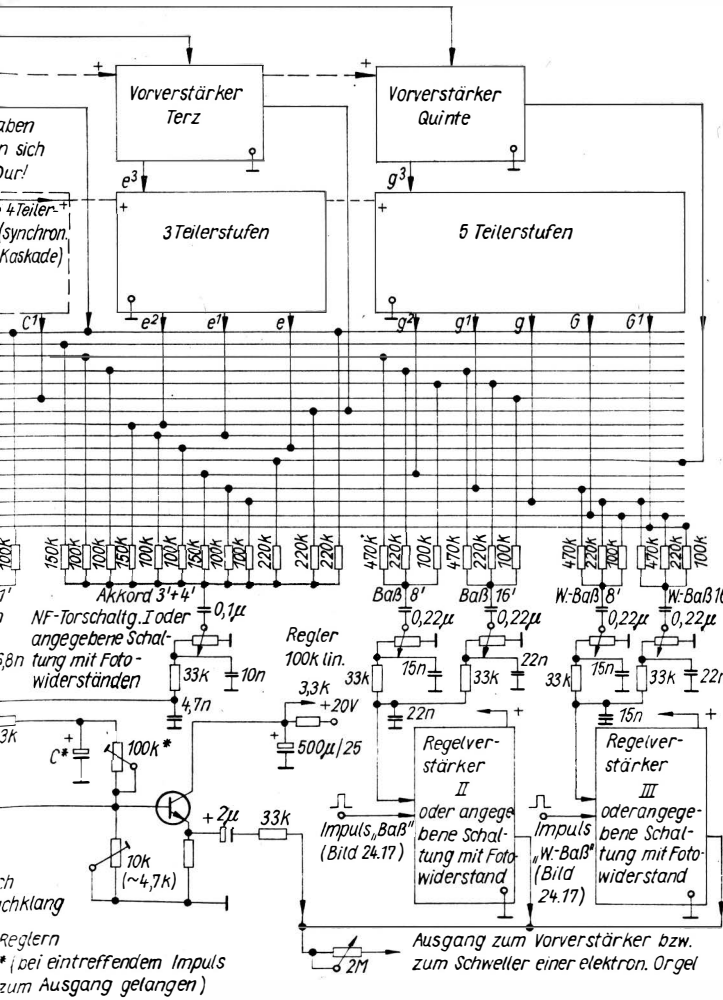


Bild 24.21 **Stromlaufplan des Akkordbegleitautomaten (in voranstehenden Bildern dargestellte Einzelheiten wurden nur als Schaltungsblock gezeichnet)**